

**“NORMALISASI KALI KEDUNGWARU GUNA  
PENGENDALIAN BANJIR DI KECAMATAN  
KEDUNGWARU KABUPATEN TULUNGAGUNG”**

**SKRIPSI**

**Disusun Oleh :**

**RAMADHANI HELMY FAHRIZA**

**NIM : 09.21.051**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**2015**

**LEMBAR PERSETUJUAN  
SKRIPSI**

**NORMALISASI KALI KEDUNGWARU GUNA PENGENDALIAN  
BANJIR DI KECAMATAN KEDUNGWARU KABUPATEN  
TULUNGAGUNG**


Disusun dan Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar  
Sarjana Teknik Sipil S-1  
Institut Teknologi Nasional Malang

*Disusun Oleh :*

**RAMADHANI HELMY FAHRIZA**  
**NIM : 09.21.051**

Menyetujui:

**Dosen Pembimbing I**



**Dr. Ir. Kustamar, MT**

**Dosen Pembimbing II**



**Erny Yulianti ST, MT**

Mengetahui,

**Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1**



**Ir. A. Agus Santosa, M.T**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2015**

## LEMBAR PENGESAHAN

### NORMALISASI KALI KEDUNGWARU GUNA PENGENDALIAN BANJIR DI KECAMATAN KEDUNGWARU KABUPATEN TULUNGAGUNG

#### SKRIPSI

Dipertahankan Dihadapan Majelis Penguji Sidang Skripsi Jenjang

Strata satu (S-1)

Pada hari : Senin

Tanggal : 16 Februari 2015

Dan diterima Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan  
Guna Memperoleh gelar Sarjana Teknik

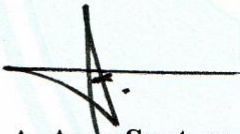
Disusun Oleh :

**RAMADHANI HELMY FAHRIZA**

**NIM : 09.21.051**

Disahkan Oleh :

**Ketua**



**Ir. A. Agus Santosa, M.T**

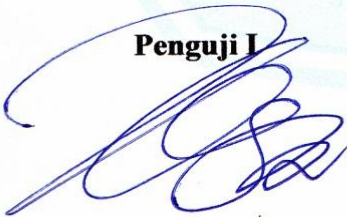
**Sekretaris**



**Lila Ayu Ratna Winanda., ST, M.T**

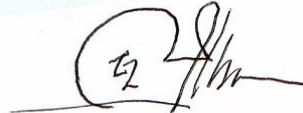
**Anggota Penguji:**

**Penguji I**



**Ir. H. Hirijanto, MT**

**Penguji II**



**Ir. Endro Yuwono, M.T**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2015**





**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S1**

Kampus I : Jl. Bendungansigura-gura, No.2, Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145  
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636, Fax. (0341) 417634 Malang

**PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

Yang bertanda-tangan dibawah ini :

Nama : Ramadhani Helmy Fahriza  
Nim : 09.21.051  
Program Studi : Teknik Sipil S-1  
Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya dengan judul :

**“NORMALISASI KALI KEDUNGWARU GUNA PENGENDALIAN  
BANJIR DI KECAMATAN KEDUNGWARU KABUPATEN  
TULUNGAGUNG”**

Adalah Skripsi hasil karya saya sendiri, dan bukan merupakan duplikat serta tidak mengutip ataupun menyadur seluruhnya karya orang lain kecuali disebut dari sumber aslinya.

Malang, 12 September 2015

**Yang membuat pernyataan**



**(Ramadhani Helmy Fahriza)**

# **“NORMALISASI KALI KEDUNGWARU GUNA PENGENDALIAN BANJIR DI KECAMATAN KEDUNGWARU KABUPATEN TULUNGAGUNG”**

Oleh : Ramadhani Helmy Fahriza (09.21.051)

Dosen Pembimbing I : Dr. Ir. Kustamar, MT ,Dosen Pembimbing II : Erni Yulianti, ST, MT

---

## **ABSTRAKSI**

Pengendalian banjir dapat dilakukan dengan beberapa cara. Salah satunya dengan normalisasi sungai. Di Kabupaten Tulungagung tepatnya pada Kali Kedungwaru sering terjadi banjir setiap tahunnya dikarenakan debit air yang ada relative besar dan kondisi saat ini kapasitas saluran Kali Kedungwaru terlalu kecil sehingga tidak mampu lagi mengalirkan debit banjir yang terjadi. Penampang saluran Kali Kedungwaru mengalami pendangkalan akibat sedimen.

Pembahasan dalam skripsi ini adalah mencantumkan debit banjir rencana, menganalisa transportasi sedimen dan merencanakan dimensi saluran Kali Kedungwaru agar mampu mengalirkan debit banjir yang direncanakan dengan menggunakan paket program bantuan yaitu HEC-RAS 4.1.0.

Hasil analisa hidrologi yang dilakukan didapatkan debit banjir rencana sebesar 20.58 m<sup>3</sup>/det (menggunakan kala ulang 1 tahun). Setelah dilakukan perbaikan Kali Kedungwaru maka dapat diatasi.

**Kata Kunci : Banjir, Normalisasi**

## KATA PENGANTAR

Atas hidayah dan ridho Allah S.W.T yang telah memberikan kesempatan dan semangat sehingga terselesaikannya Skripsi ini dengan judul **“NORMALISASI KALI KEDUNGWARU GUNA PENGENDALIAN BANJIR DI KECAMATAN KEDUNGWARU KABUPATEN TULUNGAGUNG”**. Skripsi ini merupakan salah satu persyaratan akademis untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil di Institut Teknologi Nasional Malang.

Penyelesaian Skripsi ini tidak akan berjalan dengan baik tanpa adanya bimbingan serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu tak lupa kiranya penyusun mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Soeparno Djiwo, M.T selaku Rektor ITN Malang.
2. Bapak Dr.Ir. Kustamar, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITN Malang.
3. Bapak Ir. A. Agus Santosa, M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1 ITN Malang.
4. Ibu Lila Ayu Ratna W., S.T., M.T selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil S-1.
5. Kedua orang tua, dan keluarga, terima kasih atas segala dukungan moril, materil dan doanya.
6. Rekan-rekan Teknik sipil yang telah turut membantu baik secara langsung maupun tidak langsung, dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari Skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, karena itu dengan segala kerendahan hati penyusun mohon maaf yang sebesar-besarnya jika masih banyak terdapat kekurangan di dalamnya. Kritik dan saran dari pembaca sangat penulis harapkan, diakhir kata semoga laporan Skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Penyusun

Ramadhani Helmy F

## DAFTAR ISI

### COVER

<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	ii
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>LEMBAR KEASLIAN</b> .....	iv
<b>ABSTRAK</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Identifikasi Masalah .....	2
1.3. Maksud Dan Tujuan .....	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Rumusan Masalah .....	4
1.6. Lokasi Studi.....	4
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b> .....	7
2.1 Analisa Hidrologi .....	7
2.1.1 Curah Hujan Rata – rata daerah. ....	7
2.1.2 Curah Hujan Rancangan .....	10
2.1.3 Uji Distribusi Frekuensi .....	11

2.1.4 Debit Banjir Rencana .....	15
2.2 Analisa Hidrolika .....	18
2.2.1 Analisa Profil Aliran .....	18
2.2.1.1 Kehilangan Tinggi energy.....	21
2.2.1.2 Pengangkutan Aliran.....	22
2.2.1.3 Koefisien Kekasaran .....	23
2.2.1.4 Geometri Data .....	24
2.2.2 Analisa Profil Aliran .....	27
2.3 Perencanaan Perbaikan Sungai.....	30
2.3.1 Pengerukan Sedimen.....	30
2.3.2 Tinggi Tanggul .....	31
2.3.3 Kemiringan Lereng Tanggul .....	32
<b>BAB III METODOLOGI .....</b>	<b>33</b>
3.1 Umum .....	33
3.2 Jenis dan Sumber Data .....	33
<b>BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>41</b>
4.1 Analisa Hidrologi .....	37
4.1.1 Curah Hujan Rerata Daerah .....	37
4.1.2 Curah Hujan Rancangan .....	39
4.1.2.1 Metode Log Pearson Type III .....	39
4.1.2.2 Metode E.J Gumbel .....	42
4.1.3 Pemeriksaan Uji Kesesuaian Distribusi .....	45
4.1.3.1 Uji secara vertikal dengan Chi Square .....	45
4.1.3.2 Uji secara horisontal dengan Smirnov – Kolmogorov .....	50



4.1.4 Distribusi hujan jam-jaman .....	55
4.1.5 Koefisien Pengaliran .....	57
4.1.6 Hujan Efektif .....	58
4.1.7 Perhitungan Debit Rencana dengan Metode Nakayasu .....	59
4.2 Analisa Hidrolika .....	69
4.2.1 Analisa Profil Muka Air Akibat Debit Rencana Pada Kondisi Eksisting .....	69
4.2.2 Perencanaan Perbaikan.....	71
4.2.3 Perencanaan tanggul.....	72
4.2.4. Tinggi Jagaan .....	72
4.2.5. Analisa Profil Muka Air Pada Kondisi Setelah Perbaikan.....	73
4.3 Analisa Hidrolika dan Sedimentasi .....	73
4.4 Teori Sedimentasi.....	74
4.4.1 Batuan Sedimen Klastik.....	75
4.4.2 Proses Pembentukan Batuan Sedimen .....	76
4.4.3 Pembagian Batuan Sedimen.....	76
4.4.3.1 Material Klastik .....	76
4.4.3.2 Material Kimia .....	77
4.4.3.3 Tekstur.....	77
4.4.3.4 Struktur .....	79
4.4.4 Klasifikasi dan Karakteristik Batuan Sedimen.....	80
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>82</b>
5.1 Kesimpulan.....	82

5.2 Saran .....	83
-----------------	----

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Peta Lokasi Studi.....	5
Gambar 2.1 Peta Polygon Thiessen .....	9
Gambar 2.2 Tampilan Awal Program HEC-RAS.....	29
Gambar 2.3.Situasi memanjang Kali Kondisi Eksisting .....	29
Gambar 4.1 Sub Daerah Aliran Sungai Kabupaten Tulungagung.....	57
Gambar 4.2 Hidrograf Banjir Rancangan Metode Nakayasu Q1.....	64
Gambar 4.3. Hidrograf Banjir Rancangan Metode Nakayasu Q2.....	65
Gambar 4.4. Hidrograf Banjir Rancangan Metode Nakayasu Q5.....	67
Gambar 4.5. Hidrograf Banjir Rancangan Metode Nakayasu Q10.....	69
Gambar 4.6. Lokasi Genangan Sungai Kedungwaru.....	70
Gambar 4.7. Kondisi Eksisting Sungai Kedungwaru RS 119.....	71
Gambar 4.8 Uji Kondisi Sungai Kedungwaru RS 119 Setelah Perbaikan.....	73

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Harga Kritis ( $\Delta Cr$ ) Untuk Smirnov Kolmogorov Test.....	14
Tabel 2.2 Harga $X^2$ Untuk Chi Square Test .....	14
Tabel 2.3. Koefisien Pengaliran.....	15
Tabel 4.1. Curah Hujan Maksimum.....	38
Tabel 4.2 Perhitungan Parameter Statistik Metode Log Pearson Type III.....	39
Tabel 4.3. Curah hujan Rancangan Dengan Dengan Metode Log Person Type III..	41
Tabel 4.4 Perhitungan Parameter Statistik Metode E.J. Gumbel.....	42
Tabel 4.5 Perhitungan Reduced Variated dan Faktor Frekuensi.....	44
Tabel 4.6. Curah Hujan Rancangan Dengan metode EJ Gumbel.....	45
Tabel 4.7. Pengujian Chi Square pada probabilitas Log Person Type III.....	47
Tabel 4.8. Batas Kelas Pada Probabilitas EJ Gumbel.....	49
Tabel 4.9. Pengujian Chi Square pada probabilitas EJ Gumbel.....	50
Tabel 4.10 Uji Smirnov Kolmogorov Pada Probabilitas Log Pearson Type III.....	51
Tabel 4.11 Uji Smirnov Kolmogorov Pada E.J Gumbel.....	53
Tabel 4.12 Tabel Perhitungan Curah Hujan Rancangan.....	54
Tabel 4.13 Tabel Pengujian Dengan Simirnov Kolmogorof .....	54
Tabel 4.14 Distribusi Hujan Jam –jaman .....	57

Tabel 4.15. Rerata Koefisien Pengaliran Penggunaan Lahan .....	58
Tabel 4.16. Perhitungan Hujan Efektif .....	59
Tabel 4.17. Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu .....	62
Tabel 4.18. Ordinat Banjir Rancangan 1 Tahun .....	63
Tabel 4.19. Ordinat Banjir Rancangan 2 Tahun .....	65
Tabel 4.20. Ordinat Banjir Rancangan 5 Tahun .....	66
Tabel 4.21. Ordinat Banjir Rancangan 10 Tahun .....	68

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Air merupakan sumber alam yang menjadi bagian terpenting bagi kehidupan manusia baik sebagai sumber alam, makanan, tenaga dan manfaat lainnya. Di bidang pertanian air merupakan salah satu faktor keberhasilan dalam mencapai produk – produk tertentu. Di bidang teknik, air merupakan suatu factor yang diperlukan dalam suatu proses industri.

Dibalik manfaat yang sedemikian penting, air kadang kala menjadi penyebab terjadinya banjir yang bisa menimbulkan kerugian yang tidak sedikit. Apabila air banjir pada musim hujan dapat ditampung dan disimpan, maka pada saat kekurangan air atau pada musim kemarau dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan hidup manusia dan keperluan lain seperti, irigasi, pertanian, dan perikanan.

Dalam wilayah kota di Kabupaten Tulungagung terdapat Sungai Ngrowo yang terletak pada bagian barat kota, selain itu masih terdapat beberapa sungai kecil yakni saluran pembuang Kedungwaru, saluran pembuang Ringinpitu, Kali Jenes, saluran pembuang Jepun, saluran pembuang Wajak, Kali Katul dan lain-lain. Keadaan air pada musim kemarau rata-rata mempunyai debit yang kurang jika dibandingkan dengan musim penghujan.

Wilayah kota di Kabupaten Tulungagung terletak pada ketinggian  $\pm 85$  m diatas permukaan laut. Daerah ini merupakan dataran yang dikelilingi oleh



pegunungan tinggi sehingga dapat dikatakan bahwa Kabupaten Tulungagung berada pada suatu cekungan yang menampung curahan hujan yang mengalir dari daerah sekitarnya. Dengan kondisi yang seperti ini, Kota Tulungagung potensial terjadi banjir/ genangan pada musim penghujan.

Untuk permasalahan ini objek yang kami tinjau yaitu Kali Kedungwaru yang terletak di Desa Kedungwaru, Kecamatan Tulungagung. Setiap terjadi hujan deras pada daerah ini tepatnya pada pertemuan Kali Kedungwaru, sering meluap dan menggenangi daerah sekitarnya termasuk daerah permukimannya. Berdasarkan hasil identifikasi awal dan wawancara pada daerah sekitarnya penyebab genangan air yang terjadi akibat luapan dari Kali Kedungwaru. Terdapat penyempitan saluran karena sedimentasi dan besarnya debit limpasan air dari hulu, menyebabkan terjadinya luapan air. Banjir yang terjadi antara 1 – 2 jam, sesuai dengan lamanya hujan deras dan berkurangnya debit limpasan air pada Sungai/ Saluran Kedungwaru. Ketinggian Banjir air antara 20 – 50 cm, yang paling tinggi genangan air terjadi pada daerah cekungan daerah tersebut.

## **1.2. Identifikasi Masalah**

Daerah sekitar Kali Kedungwaru dibagian hulu sebagian besar adalah persawahan dan dibagian hilir merupakan daerah pemukiman penduduk yang cukup padat, yang mana setiap tahunnya rutin terkena banjir apabila hujan turun dengan sangat deras. Informasi ini didapat dari Dinas Pengairan Tulungagung dan dari masyarakat di sekitar Kali Kedungwaru itu sendiri. Genangan yang timbul di beberapa bagian wilayah sekitar Kali Kedungwaru terjadi pada saat musim hujan, disebabkan

karena debit air yang ada relatif besar dan kondisi saat ini kapasitas saluran terlalu kecil sehingga tidak mampu mengalirkan debit banjir yang terjadi. Penampang Kali Kedungwaru di bagian tengah mengalami pendangkalan akibat sedimen. Meluapnya aliran banjir di Kali Kedungwaru mengakibatkan genangan dan sangatlah mengganggu segala aktifitas masyarakat sekitar.

Agar sistem jaringan tersebut dapat berfungsi dengan baik khususnya dalam hal kemampuannya mengalirkan debit banjir, maka harus dilakukan suatu tindakan teknik melalui perbaikan atau normalisasi baik yang menyangkut sistem jaringan itu sendiri maupun perbaikan pada bangunan-bangunan yang terdapat di sepanjang saluran tersebut seperti jembatan, *trashrack*.

### **1.3. Maksud Dan Tujuan**

Adapun maksud studi ini adalah untuk mengidentifikasi permasalahan penyebab banjir pada Kali Kedungwaru dan mencari solusi untuk mengatasi permasalahan banjir dengan melakukan normalisasi Kali Kedungwaru.

Sedangkan tujuannya adalah menormalisasi Kali Kedungwaru pada ruas-ruas saluran yang terjadi luapan, sehingga didapatkan kapasitas saluran yang mampu menampung debit banjir yang terjadi. Dengan demikian akan memberi rasa aman dan tidak menghambat aktifitas masyarakat di sekitar Kali Kedungwaru.

### **1.4. Batasan Masalah**

Dalam melihat permasalahan di atas maka batasan masalah yang di ambil dalam studi ini meliputi :

1. Analisa hidrologi untuk mendapatkan besarnya debit banjir Kali Kedungwaru.
2. Analisa hidrolika untuk mengetahui profil muka air, dan transportasi sedimen
3. Perencanaan normalisasi hanya pada sepanjang alur Kali Kedungwaru.

### **1.5. Rumusan Masalah**

Berdasarkan batasan masalah di atas, maka permasalahan dalam kajian ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Berapa besar debit rencana Kali Kedungwaru ?
2. Adakah pengaruh penampang eksisting terhadap debit banjir rencana Kali Kedungwaru ?
3. Adakah pengaruh kondisi penampang Kali Kedungwaru setelah normalisasi ?
4. Berapa lama jangka waktu pengerukan sedimen pada sungai?

### **1.6. Lokasi Studi**

Lokasi studi ini berada pada wilayah administrasi Kota Tulungagung di Kabupaten Tulungagung. Kota Tulungagung secara astronomis terletak di antara 111°43'-112°07' Bujur Timur dan 7°51' - 8°18' Lintang Selatan.

Adapun batas-batas administrasinya adalah sebagai berikut :

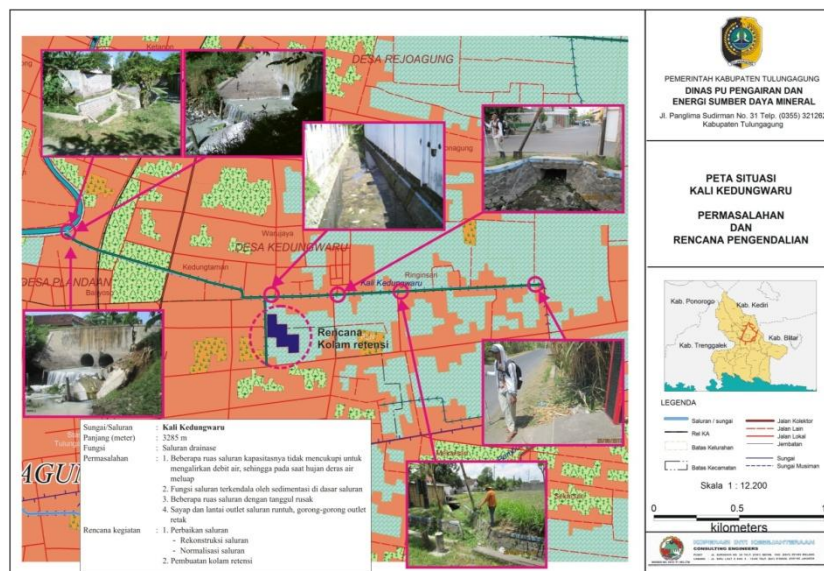
Batas wilayah Utara : Kali Brantas, Desa Gendingan dan Desa Ngujang  
(Kecamatan Kedungwaru)

Batas wilayah Timur : Kecamatan Sumbergempol (Desa Ringinpitu, dan  
Desa Tunggulsari)

Batas wilayah Selatan : Desa Tanjungsari, Desa Serut dan Desa Sobontoro  
(Kecamatan Boyolangu)

Batas wilayah Barat : Kali Ngrowo, Kecamatan Kauman (Desa  
Mangunsari)

Dalam wilayah Kota Tulungagung terdapat Kali Ngrowo yang terletak pada bagian barat kota, selain itu masih terdapat beberapa Kali-Kali kecil seperti Saluran Pembuang Kedungwaru, Saluran Pembuang Ringinpitu, Kali Jenes, Saluran Pembuang Jepun, Saluran Pembuang Wajak, Kali Katul dan lain-lain. Keadaan air pada musim kemarau rata-rata mempunyai debit yang lebih sedikit jika dibandingkan dengan musim penghujan. Untuk skripsi ini lokasi studi yang kami tinjau adalah Kali Kedungwaru.



***Gambar 1.1. Peta Lokasi Studi***

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Analisa Hidrologi**

Dalam perencanaan normalisasi Kali Kedungwaru, data curah hujan merupakan aspek penting yang perlu diperhatikan. Pertama kali yang dilakukan dalam perhitungan hidrologi pada suatu proyek keairan adalah analisa curah hujan rancangan dengan kala ulang tertentu. Hal ini dimaksudkan untuk merencanakan bangunan, baik dimensinya maupun usia gunanya. Dengan pertimbangan bahwa setiap proyek atau bangunan direncanakan untuk keperluan di masa yang akan datang.

Pada analisa ini data curah hujan yang digunakan adalah data hujan selama 10 (sepuluh) tahun pengamatan. Analisa curah hujan dalam perencanaan diperlukan untuk menghitung debit banjir rencana yang mungkin terjadi selama masa efektif bangunan tersebut.

##### **2.1.1 Curah Hujan Rata – rata daerah**

Dalam menentukan curah hujan rata – rata daerah ada tiga macam cara yang umum digunakan dalam menganalisa curah hujan rata – rata daerah di beberapa titik pengamatan, yaitu :



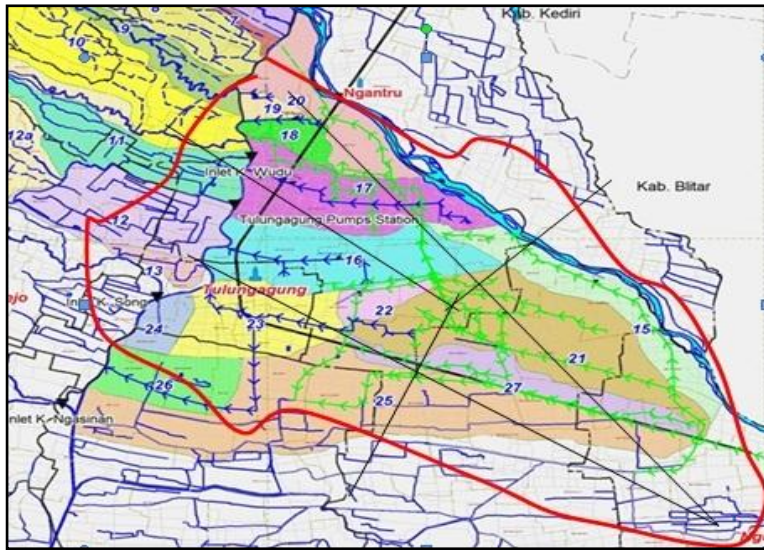
1. Cara rata-rata aljabar (*Arithmetic Mean Method*)
2. Cara Polygon Thiessen
3. Cara Garis Isohyet

Dalam studi kali ini digunakan cara poligin thiessen untuk mendapatkan besarnya hujan rata-rata daerah. Metode Thiesen berusaha mengimbangi tidak meratanya distribusi alat ukur dengan menyediakan suatu faktor pembobot bagi masing-masing stasiun. Cara penggambaran polygon Thiesen adalah sebagai berikut:

1. Stasiun diplot pada suatu peta kemudian dihubungkan masing-masing stasiun dengan stasiun yang lain dengan sebuah garis bantu.
2. Tentukan titik potong polygon dengan garis bantu dengan cara membagi dua sama panjang setiap garis Bantu yang menghubungkan dua stasiun tersebut.
3. kemudian tarik garis polygon tegak lurus terhadap garis bantu yang menghubungkan dua stasiun melalui dua titik potong tadi yang terbagi sama panjang. Kemudian rangkaian garis-garis yang tegak lurus tersebut hingga membentuk suatu poligon

Sisi-sisi setiap polygon merupakan batas luas daerah efektif daerah tangkapan air hujan yang diasumsikan untuk stasiun tersebut. Luas masing-masing polygon ditentukan dengan planimetri dan dinyatakan dalam prosentasi dari luas keseluruhan tangkapan air hujan.

Cara ini di dasarkan atas rata-rata timbang (*weight average*). Masing-masing penakar mempunyai daerah pengaruh yang dibentuk dengan menggambar garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua pos penakar.



**Gambar 2.1.** Peta Polygon Thiessen

Misal A1 adalah luas daerah pengaruh pos penakar 1, A2 adalah luas daerah pengaruh pos penakar 2, dan seterusnya. Jumlah  $A_1 + A_2 + \dots + A_n = A$ , merupakan jumlah luas daerah /seluruh areal yang dicari tinggi curah hujannya.

Jika pos penakar 1 menakar tinggi hujan  $d_1$ , pos penakar 2 menakar hujan  $d_2$  hingga pos penakar  $n$  menakar hujan  $d_n$ , maka

$$d = \frac{A_1.d_1 + A_2.d_2 + \dots + A_n.d_n}{A}$$

$$= \sum_1^n \frac{A_i.d_i}{A}$$

.....2.1

Jika  $\frac{A_i}{A} = p_i$  yang merupakan prosentase luas maka

$$d = \sum_1^n p_i.d_i \text{ dimana}$$

.....2.2

A = luas daerah

$d$  = tinggi curah hujan rata-rata areal

$d_1, d_2, \dots, d_n$  = tinggi curah hujan di pos penakar 1, 2, ...n

$A_1, A_2, \dots, A_n$  = luas daerah pengaruh di pos 1, 2, ...n

$$\sum_1^n p_i = \text{jumlah prosentasi luas} = 100\%$$

### 2.1.2 Curah Hujan Rancangan

Dalam studi ini akan dipakai Metode Log Person Type III untuk menentukan besarnya curah hujan rancangan. Adapun persamaanya adalah sebagai berikut :

- Hitung harga rata-rata dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Log } \bar{x} = \frac{\sum \log x_i}{n} \dots\dots\dots 2.3$$

- Hitung harga standart deviasi dengan rumus sebagai berikut :

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (\log x_i - \log \bar{x})^2}{n-1}} \dots\dots\dots 2.4$$

- Hitung koefisien kepengcengan dengan rumus sebagai berikut :

$$C_s = \frac{n \times \sum (\log x_i - \log \bar{x})^3}{(n-1) \times (n-2) \times \sigma \log x_i^3} \dots\dots\dots 2.5$$

- Persamaan Log Pearson Type III

$$\text{Log } x_T = \log \bar{x} + (K \times Sd) \dots\dots\dots 2.6$$

Dimana :

$\text{Log } x_T$  = Curah hujan rancangan kala ulang T tahun

$\log \bar{x}$  = Rerata Logaritma

S = Standart deviasi

### 2.1.3 Uji Distribusi Frekuensi

Uji kesesuaian distribusi ini dimaksudkan untuk mengetahui apakah distribusi yang dipilih dapat digunakan atau tidak untuk serangkaian data yang tersedia. Dalam studi ini, untuk keperluan analisis uji kesesuaian distribusi diperlukan dua metode statistik, yaitu *Uji Chi Square* dan *Uji Smirnov-Kolmogorov*.

#### 1. Uji *Chi Square*

Dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel yang dianalisis. Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter  $\chi^2$  (Soewarno, 1995:194):

$$\chi_h^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots 2.7$$

dengan :

$\chi_h^2$  = parameter *Chi Square* terhitung

G = jumlah sub grup

$O_i$  = jumlah nilai pengamatan pada sub grup ke i

$E_i$  = jumlah nilai teoritis pada sub grup ke i

Adapun langkah-langkah perhitungan dari uji *Chi Square* adalah sebagai berikut (Soewarno, 1995:194):

1. Urutkan data pengamatan (dari besar ke kecil atau sebaliknya)
2. Kelompokkan data menjadi G sub grup, tiap-tiap subgrup minimal empat data
3. Jumlahkan data pengamatan sebesar  $O_i$  tiap-tiap subgrup
4. Jumlahkan data dari persamaan distribusi yang digunakan sebesar  $E_i$
5. Tiap-tiap subgrup hitung nilai  $(O_i - E_i)^2$  dan  $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
6. Jumlah seluruh G sub nilai  $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$  menentukan nilai *Chi Square* hitung
7. Tentukan derajat kebebasan  $dk = G - R - 1$
8. Menentukan  $\chi^2$  dari tabel dengan menentukan derajat kepercayaan ( $\alpha$ ) dan derajat kebebasan (dk)
9. Menyimpulkan hasil perhitungan, apabila  $\chi^2_{\text{hit}} < \chi^2_{\text{cr}}$  maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima, dan apabila nilai  $\chi^2_{\text{hit}} > \chi^2_{\text{cr}}$  maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan tidak dapat diterima.

## 2. Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji Smirnov-Kolmogorov digunakan untuk membandingkan peluang yang paling maksimum antara distribusi empiris dan distribusi teoritis yang

disebut  $\Delta_{\text{maks}}$ . Prosedur perhitungan uji Smirnov-Kolmogorov adalah (Soetopo, 1998: 25):

1. Data diurutkan dari kecil ke besar
2. Menghitung peluang empiris ( $S_n$ ) dengan rumus Weibull

$$S_n = \frac{m}{n+1} \dots\dots\dots 2.8$$

dengan:

$S_n(x)$  = posisi data  $x$  menurut data pengamatan

$m$  = nomor urut data

$n$  = banyaknya data

3. Menghitung peluang teoritis ( $P_t$ ) dengan rumus:  $P_t = 1 - Pr$

dengan:

$Pr$  = probabilitas yang terjadi

4. Simpangan maksimum ( $\Delta_{\text{maks}}$ ) dengan rumus:  $\Delta_{\text{maks}} = |Px(x) - Sn(x)|$

5. Menentukan nilai  $\Delta_{\text{cr}}$

6. Menyimpulkan hasil perhitungan, yaitu apabila  $\Delta < \Delta_{\text{cr}}$  maka distribusi terpenuhi dan apabila  $\Delta > \Delta_{\text{cr}}$  maka distribusi tidak terpenuhi.



**Tabel 2.1. Harga Kritis ( $\Delta Cr$ ) Untuk Smirnov Kolmogorov Test**

$\alpha$ N	0.2	0.1	0.05	0.01
5	0.45	0.51	0.56	0.67
10	0.32	0.37	0.41	0.49
15	0.27	0.30	0.34	0.40
20	0.23	0.26	0.29	0.36
25	0.21	0.24	0.27	0.32
30	0.19	0.22	0.24	0.29
35	0.18	0.20	0.23	0.27
40	0.17	0.19	0.21	0.25
45	0.16	0.18	0.20	0.24
50	0.15	0.17	0.19	0.23
N > 50	1.07/n0.5	1.22/n0.5	1.36/n0.5	1.63/n0.5

(Sumber : M.M.A. Shahin, *Statistical Analysis in Hydrology Volume 2*,  
Edition 1976)

**Tabel 2.2 Harga  $X^2$  Untuk Chi Square Test**

$\alpha$ n	0.995	0.975	0.05	0.025	0.01	0.005
1	0.0039	0.0098	3.8400	5.0200	6.6300	8.8390
2	0.0100	0.0506	5.7914	7.3278	9.2130	10.5966
3	0.0717	0.2158	7.8147	9.3484	11.3449	12.8381
4	0.2070	0.4644	9.4877	11.1433	13.2707	14.8602
5	0.4117	0.8312	11.0705	12.6325	15.0863	16.2496
6	0.6757	1.2374	12.5916	14.6494	16.6119	18.5476
7	0.9393	1.6892	14.0671	16.0128	18.4753	20.2222
8	1.3444	2.1797	15.5023	17.5346	20.0903	21.9550
9	1.7349	2.3000	16.9190	18.0128	21.6660	23.3893
10	2.1559	3.2469	18.3020	20.4831	23.2093	24.1457
11	2.6032	3.8158	19.6750	21.9200	24.7250	26.7569
12	3.0738	4.4037	21.0261	23.3367	26.2120	28.2995
13	3.5650	5.0087	22.3671	24.7356	27.6883	29.8190
14	4.0747	5.6287	23.6868	26.1190	29.1433	31.8153
15	4.6039	6.2621	24.9956	27.4884	30.5779	32.8013
16	5.1422	6.9077	26.2962	28.8454	31.9999	34.2072
17	5.6972	7.5642	27.5671	30.3910	33.4087	35.7183
18	6.2648	8.2308	28.8693	31.4264	34.8053	37.1564
19	6.8439	8.9066	30.1435	32.8523	36.1908	38.5822
20	7.4339	9.5908	31.4104	34.1676	37.5662	39.9958
25	10.5192	13.1197	32.6573	40.6465	44.3141	46.5276
30	13.7862	16.7908	43.7729	46.9792	50.8922	53.6720
40	20.7065	24.4331	55.7586	59.3417	63.6803	66.7659
50	27.903	32.3574	67.5048	71.4202	76.1539	79.4900
60	35.5346	40.4817	79.0819	83.2976	88.3794	91.9517

(Sumber : M.M.A. Shahin, *Statistical Analysis in Hydrology Volume 2*, Edition 1976)

## 2.1.4 Debit Banjir Rencana

### 2.1.4.1. Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran adalah suatu variabel yang didasarkan pada kondisi daerah aliran Kali dan karakteristik hujan yang jatuh di daerah tersebut. Kondisi dan karakteristik yang dimaksud adalah :

- ⊕ Keadaan hujan
- ⊕ Luas dan bentuk daerah aliran
- ⊕ Kemiringan daerah aliran dan kemiringan dasar Kali
- ⊕ Daya infiltrasi dan perkolasi tanah
- ⊕ Kebasahan tanah
- ⊕ Suhu udara dan angin serta evaporasi
- ⊕ Tata guna tanah

Koefisien pengaliran seperti yang disajikan pada tabel, didasarkan pada suatu pertimbangan bahwa koefisien tersebut sangat tergantung pada faktor-faktor fisik (Suyono Sosrodarsono, 2001).

**Tabel 2.3. Koefisien Pengaliran**

<b>1.1.1.1.1 Kondisi DAS</b>	<b>Koefisien Pengaliran (C)</b>
Pegunungan	0,75 – 0,90
Pegunungan tersier	0,70 – 0,80
Tanah berelief berat dan berhutan kayu	0,50 – 0,75
Dataran pertanian	0,45 – 0,60
Dataran sawah irigasi	0,70 – 0,80
Kali di pegunungan	0,75 – 0,85

Kali di dataran rendah	0,45 – 0,75
Kali besar yang sebagian alirannya berada di dataran rendah	0,50 – 0,75

Sumber: Suyono S., Suharjono, 2001.

#### **2.1.4.2. Hidrograf Banjir Rencana**

Hidrograf banjir rencana atau debit banjir rencana adalah debit maksimum yang mungkin terjadi pada suatu daerah dengan peluang kejadian tertentu. Untuk menaksir debit banjir rencana digunakan cara hidrograf satuan yang didasarkan oleh parameter dan karakteristik daerah pengalirannya. Teori hidrograf satuan merupakan suatu cara perhitungan yang relatif sederhana dan teliti. Ada 5 metode yang digunakan untuk menghitung besarnya debit banjir rencana, yaitu :

1. Metode Weduwen
2. Metode Haspers
3. Metode Rational
4. Metode Nakayasu
5. Metode Snyder dan Alexeyev

Dalam studi ini dipilih Metode Nakayasu untuk menghitung debit banjir rencana. Metode nakayasu dapat menggambarkan hubungan antara debit dengan besarnya curah hujan untuk DAS dalam luas sampai 500 ha. Debit banjir dapat dihitung berdasarkan parameter hujan dan karakteristik DAS, dengan rumus berikut (Suyono, 2001):

$$Q_p = 0.278 C I A \dots\dots\dots 2.9$$

Keterangan :

$Q_p$  = debit puncak banjir ( $m^3/det$ ).

$C$  = koefisien aliran.

$I$  = intensitas hujan selama waktu konsentrasi ( $mm/jam$ ).

$A$  = luas daerah pengaliran Kali ( $km^2$ ).

Waktu konsentrasi adalah selang waktu antar permulaan hujan dan saat seluruh areal DAS-nya ikut berperan pada pengaliran Kali. Salah satu rumus yang digunakan adalah :

$$t_c = 0.0195 I^{0.77} \times S^{-0.385} \dots\dots\dots 2.10$$

Keterangan :

$t_c$  = waktu konsentrasi (menit).

$I$  = panjang lereng (m).

$S$  = kemiringan lereng (m/m).

Besarnya koefisien limpasan tergantung pada jenis tanah dan penggunaan tanah, diperlukan penyelidikan besarnya koefisien limpasan setiap DAS agar hasil perhitungan debit puncak banjirnya teliti. Melchior, Boerema, F. Van Kooten, J. P. der Weduwen menentukan hubungan curah hujan antara curah hujan dan banjir dengan rumus (PU Pengairan, 1997):

$$Q_p = \alpha \times \beta \times q \times f \dots\dots\dots 2.11$$

Keterangan :

$Q_p$  = debit puncak banjir ( $m^3/det$ )

$\alpha$  = koefisien aliran

$\beta$  = koefisien reduksi

$q$  = hujan maks setempat dalam sehari (*Point Rainfall*) ( $m^3/km^2/det$ )

$f$  = luas DAS ( $km^2$ )

## 2.2 Analisa Hidrolika

Tujuan utama dari analisa hidrolika adalah untuk mengetahui keadaan aliran sepanjang alur Kali yang ditinjau dan menentukan elevasi muka air akibat debit banjir rancangan yang mengalir pada alur Kali. Sehingga aliran yang dapat menyebabkan luapan air pada alur yang dilewatinya.

### 2.2.1 Analisa Profil Aliran

Profil aliran dapat digambarkan dengan berbagai metode perhitungan, salah satu metode yang memberikan hasil cukup memuaskan untuk saluran tak prismatic seperti misalnya pada saluran alam atau Kali adalah metod tahapan standar (*Standart Step Method*).

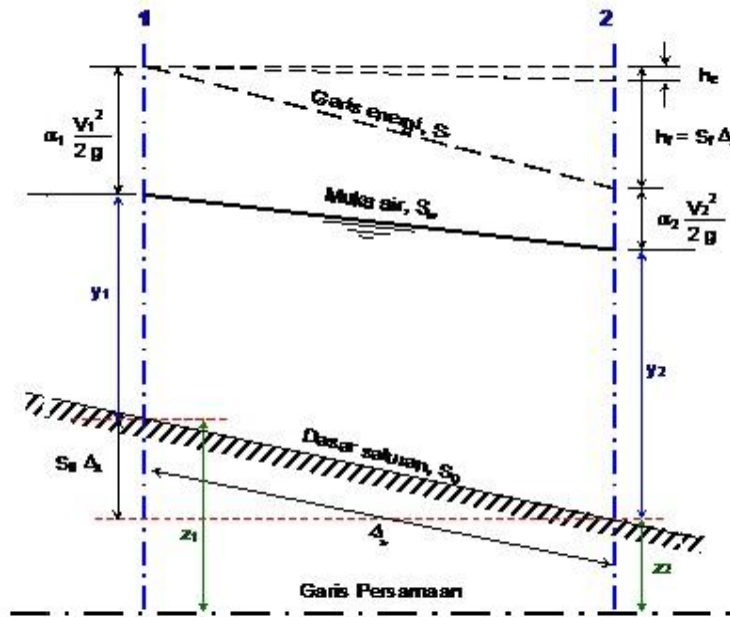
Untuk menjelaskan cara ini dianggap bahwa muka air terletak pada suatu ketinggian dari bidang datar. Persamaan dasarnya adalah persamaan energy (*Ven Te Chow, 192 : 243*) :

$$Z_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} + h_f + h_e \dots\dots\dots 2.12$$

$$h_f = S_f \cdot \Delta x \dots\dots\dots 2.13$$

$$h_e = k \cdot \left[ \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} - \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} \right] \dots\dots\dots 2.14$$

Berikut diberikan ilustrasi persamaan gasir energi pada saluran terbuka :



Sketsa Rumus Persamaan Garis Energi pada Saluran

$$H_1 = Z_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} \dots\dots\dots 2.15$$

dan

$$H_2 = Z_2 + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g}$$

Maka



$$H_1 = H_2 + h_f + h_e \dots\dots\dots 2.15$$

dimana :

- Z1 , Z2 = Elevasi muka air
- V1 , V2 = Kecepatan rata-rata
- $\alpha_1 , \alpha_2$  = Koefisien energi
- g = Percepatan gravitasi
- $h_f, h_e$  = Kehilangan energi
- $\alpha x$  = Jarak penampang melintang
- Sf = Kemiringan geser rata-rata
- k = koefisien kehilangan energi

Untuk memudahkan dalam proses perhitungan, maka akan memanfaatkan piranti lunak (*software*) paket program komputer HEC-RAS yang dipublikasikan oleh *Hydrologic Engineering Center* yang mampu menghitung profil muka air untuk aliran dengan jenis *steady gradually varied flow* pada saluran-saluran alam maupun buatan, baik untuk aliran subkritis maupun superkritis.

Untuk menghitung kemiringan dasar Kali stabil diperlukan data gradasi butir tanah dasar Kali dan tinggi air.

Rumus yang digunakan untuk perhitungan :

$$\gamma^* = \gamma_w \cdot g \cdot H \cdot I \dots\dots\dots 2.16$$

keterangan :

$$\gamma^* = \text{gaya seret (tractive force)}$$

- $\gamma_w$  = massa jenis air
- $g$  = percepatan gravitasi
- $H$  = tinggi air di Kali (m)
- $I$  = kemiringan dasar Kali

### 2.2.1.1 Kehilangan Tinggi Energi

Geometri Kali ditentukan oleh panjang melintang dan panjang jangkauan. Pendekatan yang digunakan untuk menghitung distribusi aliran pada penampang melintang Kali adalah Kali tersebut dibagi menjadi potongan-potongan yang memiliki persamaan hidrolik pada aliran langsung.

Kehilangan tinggi energi pada penampang Kali diakibatkan oleh gesekan dan perubahan penampang. Kehilangan akibat gesekan dievaluasi sebagai hasil dari kemiringan garis energi  $S_f$  dan panjang  $L$ , seperti terlihat pada persamaan berikut (Anggrahini, 2002):

$$h_f = L \overline{S_f} \dots\dots\dots 2.17$$

$$S_f = \left( \frac{Q}{K} \right)^2 \dots\dots\dots 2.18$$

$$\overline{S_f} = \frac{S_{f1} + S_{f2}}{2} \dots\dots\dots 2.19$$

dengan :

$h_f$  = kehilangan energi akibat gesekan (m)

L = jarak antar sub bagian (m)

S<sub>f</sub> = kemiringan garis energi (*friction slope*)

K = pengangkutan aliran tiap sub bagian

Q = debit air (m<sup>3</sup>/dt)

Adapun kehilangan tinggi energi akibat perubahan diakibatkan oleh dua kejadian, yaitu kontraksi dan ekspansi. Kontraksi dan ekspansi terjadi akibat *back water* yang disebabkan perubahan penampang atau perubahan kemiringan dasar saluran yang sangat curam sekali. Kehilangan tinggi energi akibat kontraksi dan ekspansi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$h_c = C \left| \frac{\alpha_2 \cdot v_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 \cdot v_1^2}{2g} \right| \dots\dots\dots 2.20$$

dengan :

C = koefisien akibat kehilangan tinggi kontraksi dan ekspansi

Program ini mengasumsikan bahwa kontraksi terjadi jika kecepatan di hilir lebih tinggi jika dibandingkan dengan kecepatan di hulu, sedangkan ekspansi terjadi jika kecepatan di hilir lebih tinggi jika dibandingkan dengan kondisi di hulu.

#### 2.2.1.2 Pengangkutan Aliran

Penentuan pengangkutan aliran total dan koefisien kecepatan untuk suatu penampang melintang mengharuskan aliran dibagi menjadi bagian-bagian dimana kecepatan tersebut akan didistribusikan secara merata. Pendekatan yang digunakan

dalam program ini adalah membagi aliran di daerah pinggir Kali dengan menggunakan nilai kekasaran  $n$  sebagai dasar pembagian penampang melintang.

Pengangkutan aliran  $K_j$  dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut (Anggrahini, 2002) :

$$K_j = \frac{1,49}{n_j} \cdot A_j \cdot R_j^{2/3} \quad (\text{dalam satuan Inggris})$$

$$K_j = \frac{1}{n_j} \cdot A_j \cdot R_j^{2/3} \quad (\text{dalam satuan Metrik})$$

Dalam program ini penambahan pengangkutan di daerah pinggir Kali akan dijumlahkan untuk mendapatkan pengangkutan di bagian samping kanan dan kiri Kali. Pengangkutan di bagian utama saluran dihitung sebagai elemen pengangkutan tunggal, sedangkan pengangkutan total pada penampang melintang didapatkan dengan menjumlahkan pengangkutan di tiga bagian (kiri, tengah, dan kanan).

$$K_t = \sum_{j=1}^n K_j$$

dengan :

$n$  = jumlah sub bagian pada suatu penampang melintang Kali

### 2.2.1.3 Koefisien Kekasaran

Aliran pada suatu penampang melintang tidak dibagi menjadi beberapa sub bagian, kecuali terjadi perubahan pada area saluran utama. Program ini akan menerapkan dalam perhitungan penampang melintang. Jika tidak dapat diterapkan,

maka akan dihitung satu nilai kekasaran untuk seluruh bagian Kali. Untuk perhitungan n komposit, saluran utama dibagi menjadi beberapa bagian ( $n$ ), dimana pada setiap sub bagian diketahui parameter basah  $P_i$  dan koefisien kekasarannya  $n_i$ .

$$n_c = \left| \frac{\sum_{i=1}^n P_i n_i^{1,5}}{P} \right|^{2/3} \dots\dots\dots 2.20$$

dengan :

$n_c$  = koefisien kekasaran komposit

$P$  = parameter basah untuk saluran utama

$P_i$  = parameter basah untuk sub bagian ke-i

$n_i$  = koefisien kekasaran untuk sub bagian ke-i

#### 2.2.1.4 Geometri Data

Data utama yang dibutuhkan pada suatu sistem Kali antara lain data potongan melintang Kali, jarak antara potongan melintang (panjang jangkauan), koefisien kehilangan energi, dan data pada percabangan Kali Kedungwaru.

##### 2.2.1.4.1 Skema Sistem Kali

Skema Kali menggambarkan berbagai variasi jangkauan Kali yang saling berhubungan. Pada program ini, skema sistem Kali merupakan data awal yang dibutuhkan sebelum data lain dimasukkan.

Setiap penampang Kali pada skema sistem Kali diberi nama stasiun sebagai identifikasi yang dapat berupa nama Kali dan nomor stasiun di mana penampang melintang Kali itu berada.

#### 2.2.1.4.2 Koefisien Kekasaran Manning

Untuk menentukan angka kekasaran Manning dihitung berdasarkan kondisi Kali. Angka kekasaran Manning tersebut ditentukan berdasarkan rumus COWAN (Chow, 1997).

$$n = m (n_b + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \dots\dots\dots 2.21$$

dengan :

$n_b$  = nilai dasar untuk saluran lurus, seragam dan alamiah menurut bahan-bahan alamiah yang dikandungnya

$n_1$  = nilai untuk koreksi efek ketidakrataan permukaan

$n_2$  = nilai untuk variasi bentuk dan ukuran penampang saluran

$n_3$  = nilai untuk hambatan

$n_4$  = nilai untuk kondisi tetumbuhan dan aliran

$m$  = faktor koreksi untuk belokan-belokan saluran

#### **2.2.1.4.3 Jarak Jangkauan**

Ukuran jarak antara potongan melintang diberikan dengan jarak jangkauan. Jarak jangkauan antar potongan melintang untuk saluran kiri, utama, dan kanan memiliki jarak yang sama pada Kali lurus. Namun ada beberapa kondisi di mana ketiga saluran tersebut memiliki jarak yang berbeda, misalnya pada belokan Kali.

#### **2.2.1.4.4 Data Aliran Tetap**

Data aliran ini diberikan untuk menampilkan perhitungan profil muka air. Data aliran ini terdiri dari : kondisi batas dan informasi debit puncak.

##### **a. Kondisi Batas (*Boundary Condition*)**

Kondisi batas diperlukan untuk menetapkan permukaan air pada akhir dari sistem Kali (hulu dan hilir). Terdapat empat macam kondisi batas :

##### **1. Elevasi muka air yang diketahui**

Kondisi batasnya merupakan elevasi muka air yang diketahui untuk setiap potongan melintang yang akan dihitung.

##### **2. Kedalaman kritis**

Jika kondisi batas ini yang dipilih, maka program akan menghitung kedalaman kritis untuk setiap potongan melintang dengan sendirinya dan akan menggunakannya sebagai kondisi batas.

##### **3. Kedalaman normal**

Untuk tipe kondisi batas ini, harus diketahui energi kemiringan yang akan digunakan pada perhitungan kedalaman kritis (menggunakan persamaan Manning). Pada umumnya energi kemiringan didapat dengan pendekatan rata-rata kemiringan saluran atau rata-rata kemiringan muka air pada penampang potongan melintang Kali.

#### 4. Rating kurva

Kondisi batas yang digunakan adalah kurva hubungan antara debit dengan elevasi. Untuk setiap penampang melintang elevasi diperoleh dengan cara menginterpolasi dari rating kurva dengan memasukkan besarnya debit.

#### **b. Informasi Debit Puncak**

Informasi debit ini digunakan untuk menghitung profil muka air. Data debit yang dimasukkan mulai dari daerah hulu sampai daerah hilir untuk setiap jangkauan. Nilai debit yang dimasukkan pada bagian hulu diasumsi akan konstan untuk penampang berikutnya kecuali nilai debit berubah untuk penampang tertentu.

#### **2.2.2. Analisa Profil Aliran**

Elevasi muka air pada alur Kali perlu dianalisis untuk mengetahui pada bagian (*section*) mana terjadi luapan pada alur Kali, sehingga dapat ditentukan dimensi untuk perbaikan Kali.

Sebagai alat bantu untuk menganalisa profil muka air digunakan program HEC-RAS versi 4 untuk kondisi aliran *steady* (tanpa pengaruh bangunan) dan *unsteady* (dengan pengaruh bangunan). Paket model HEC RAS adalah salah satu



model yang dikeluarkan oleh U.S. Army Corps of Engineers River Analysis System (HEC-RAS) yang disusun oleh *Hydrologic Engineering Center*. Software ini memiliki kemampuan penggunaan : perhitungan jenis aliran *steady flow* dan *unsteady flow* satu dimensi, dan sedimen transport yang akan ditambahkan pada versi berikutnya (*new version*).

Pada software HEC-RAS ini, dapat ditelusuri kondisi air Kali dalam pengaruh hidrologi dan hidroliknya, serta penanganan Kali lebih lanjut sesuai kebutuhan. Dari hasil analisa tersebut dapat diketahui ketinggian muka air dan limpasan apabila kapasitas tampungan Kali tidak mencukupi.

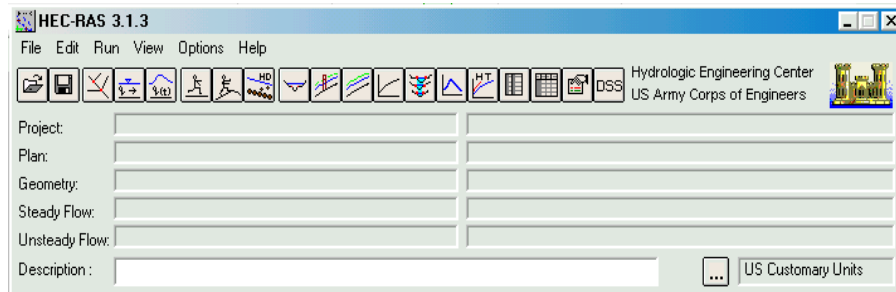
Umumnya pada beberapa lokasi di Kali atau saluran ada bangunan air seperti pilar jembatan, gorong-gorong, bendung, dan lain-lain. Paket program HEC-RAS dapat menghitung profil muka air dengan proses iterasi dari data masukan yang sudah diolah sesuai dengan kriteria dan standar yang diminta oleh paket program ini. Sistem HEC-RAS meliputi tiga perhitungan analisa hidrolis:

- a) Perhitungan profil muka air *steady flow (steady flow water surface profile computation)*
- b) Perhitungan profil muka air akibat pasang surut air laut
- c) *Unsteady flow analysis*
- d) *Analisa movable boundary sediment transport.*

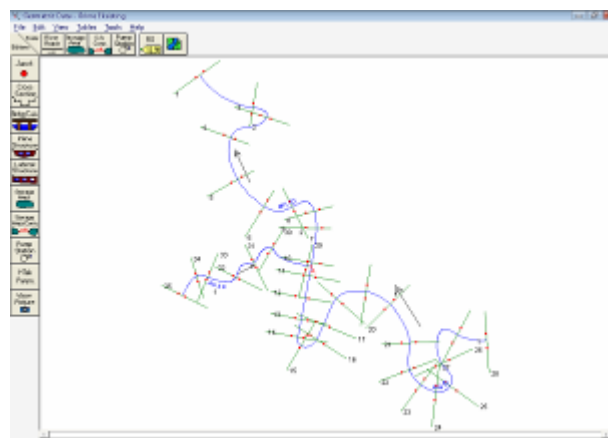
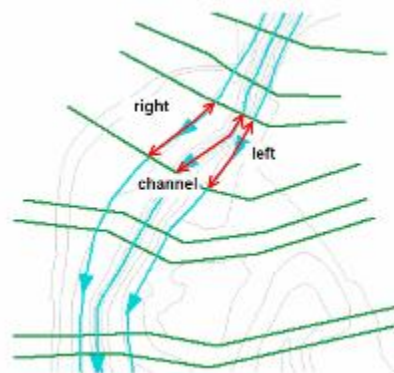
Langkah-langkah pengolahan data dengan program HEC-RAS:

1. Plotting Kali (Kali Kali Dawir)
2. Memasukkan ordinat Kali (variabel penampang x dan y)

3. Profil Kali (elevasi profil memanjang dan melintang Kali)
4. Masukkan parameter-parameter lain, misalnya angka kekasaran (Manning).



**Gambar 2.2.** Tampilan Awal Program HEC- RAS



**Gambar 2.3.** Situasi Memanjang Kali Kondisi Eksisting

### **2.3. Perencanaan Perbaikan Kali**

Dimensi profil melintang didasarkan atas besarnya debit banjir maksimum yang direncanakan. Bentuk yang biasa digunakan adalah berbentuk trapesium, karena disamping mudah dalam pelaksanaannya juga akan memberikan kapasitas pengaliran yang cukup tinggi dalam mengalirkan debit banjir.

Agar diperoleh alur yang stabil, maka digunakan penampang ganda yang terdiri dari :

- a. Alur bawah (minor bed) Kali
- b. Bantaran

Pada kondisi muka air renah (alur bawah), kecepatan aliran masih cukup tinggi untuk menghindari terjadinya sedimentasi dan pada kondisi air banjir tanggul yang diperlukan tidak terlalu tinggi dan kaki tanggul bagian dalam dapat diperlebar untuk memperkuat stabilitas tanggul.

#### **2.3.1. Pengerukan Sedimen**

Pengerukan adalah proses pemindahan tanah dengan menggunakan suatu peralatan atau suatu alat berat, dengan cara mekanis atau hidraulis dari suatu tempat ke tempat yang lain (misalnya dari suatu dasar sungai ke tempat lain). Dengan tujuan untuk memperdalam dasar sungai/laut maupun untuk memperbesar penampang sungai. Dalam pekerjaan sungai terutama dalam masalah pengerukan sedimen,

biasanya digunakan suatu kapal keruk, di samping alat-alat lainnya. Pengerukan ini dimaksudkan untuk membuat alur sungai seperti yang di inginkan, dengan memperdalam atau memperlebar alur sungai, tetapi juga kadang-kadang pekerjaan pengerukan ini dipergunakan pada pekerjaan reklamasi. Dalam pekerjaan pengerukan, sebelum dimulai terlebih dahulu harus diadakan suatu penelitian, maksudnya agar pekerjaan pengerukan betul-betul berdaya guna dan diusahakan seekonomis mungkin. Seperti misalnya dilakukan survey penampang untuk mengetahui keadaan profil sungai pada saat sebelum diadakan pengerukan, juga untuk mengetahui besar volume pengerukan yang nanti akan dikerjakan.

### **2.3.2. Tinggi Tanggul**

Tinggi pada tanggul berfungsi untuk menampung loncatan air dari permukaan air Kali yang sedang mengalir, walaupun debitnya masih lebih rendah dari debit rencana. Loncatan ini dapat terjadi akibat adanya ombak, gelombang, loncatan hidrolis pada saat terjadi banjir. Kenaikan permukaan air Kali dapat pula terjadi akibat gejala naik turunnya dasar Kali yang disebabkan oleh proses penggerusan dan pengendapan pada dasar Kali tersebut yang disebut evaluasi dasar sungai. Selain itu kenaikan permukaan air Kali dapat pula terjadi karena kesalahan-kesalahan perhitungan hidrolika dan hidrologi pada saat penetapan banjir rencana.

Selanjutnya adalah suatu kenyataan bahwa tanggul sebagai konstruksi urugan tanah sangat lemah terhadap limpasan. Tinggi tanggul Kali penting pula untuk

menjamin keselamatan petugas ronda tanggul, karena mercu tanggul dapat berfungsi sebagai jalan inspeksi dan jalan logistik untuk melaksanakan pekerjaan pencegahan terhadap kemungkinan jebolnya tanggul disaat terjadinya banjir. Walaupun tinggi tanggul sangat bervariasi yang didasarkan atas dimensi Kalinya, tetapi biasanya berkisar antara 0,6 – 2,0 m.

### **2.3.3. Kemiringan Lereng Tanggul**

Penentuan kemiringan lereng tanggul merupakan tahapan yang paling penting dalam perencanaan tanggul dan sangat erat kaitannya dengan infiltrasi air dalam tubuh tanggul serta karakteristik mekanika tanah tubuh tanggul tersebut. Dalam keadaan biasa tanpa perkuatan, lereng tanggul direncanakan dengan kemiringan 1 : 2 atau lebih kecil.

## **BAB III**

### **METODOLOGI**

#### **3.1. Umum**

Untuk perencanaan Normalisasi Kali Kedungwaru di Desa Kedungwaru Kabupaten Tulungagung, dilaksanakan berdasarkan hasil analisa hidrologi yang telah diperoleh. Berdasarkan data lapangan yang ada harus dilakukan analisis profil muka air dan struktur Kali Kedungwaru sesuai kebutuhan masyarakat.

#### **3.2. Jenis dan Sumber Data**

##### **1. Data curah hujan**

Dalam perencanaan diperlukan data penunjang berupa data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang langsung diambil di lokasi pekerjaan, sedangkan untuk data sekunder diperoleh dari instansi terkait dan studi terdahulu.

Data primer yang diperlukan dalam analisa hidrologi adalah sebagai berikut :

- Kondisi lokasi pekerjaan.
- Data hujan dari Dinas UPTD Pengiran, dalam hal ini data hujan yang dipakai adalah data hujan tahunan.
- Peta Daerah Aliran Sungai (DAS) Kabupaten Tulungagung.

##### **2. Data Topografi**

Pekerjaan ini berada pada wilayah administrasi Kota Tulungagung Kabupaten Tulungagung. Kota Tulungagung secara astronomis terletak di antara 111°43'-112°07' BujurTimur dan 7°51' - 8°18' Lintang Selatan.

Penentuan lokasi pekerjaan dalam studi yang sesuai dengan tujuan studi.

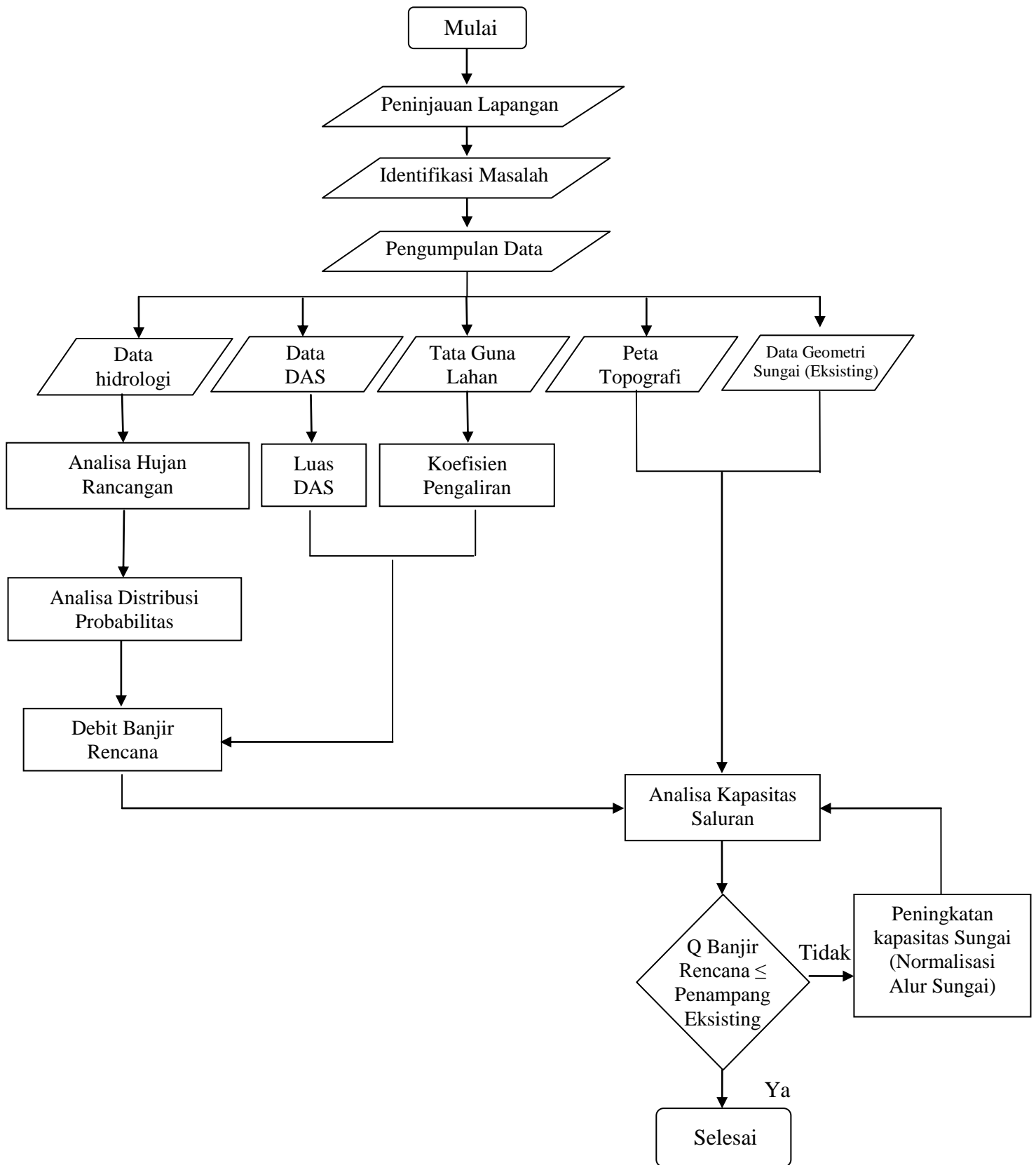
Survei dan peninjauan lokasi.

- 1) Survei dan peninjauan lokasi untuk mengetahui kondisi yang sebenarnya di daerah studi sehingga didapatkan data lokasi daerah studi.
- 2) Studi literatur dilakukan sebagai tambahan dalam mencari materi dan referensi yang berhubungan dengan kegiatan studi.
- 3) Pengumpulan data, mengumpulkan data-data penunjang dalam penyusunan studi ini, diantaranya :
  - Data Klimatologi
  - Data Topografi
  - Data Geometri Kali Kedungwaru
- 4) Melakukan analisa guna menyelesaikan permasalahan yang ada meliputi :
  - Analisa Hidrologi
    1. Menghitung Curah hujan rancangan yang didapatkan dari stasiun Tulungagung, Stasiun Ngunut dan Stasiun Ngantru selama 13 tahun terakhir dengan metode Log Person Type III.
    2. Menghitung Debit Rencana dengan kala ulang 1, 2, 5, 10 tahun menggunakan Metode Nakayasu untuk mengetahui debit banjir di Kali Kedungwaru.

- Analisa Hidrolika
  1. Analisa data geometri eksisting Kali Kedungwaru dan debit rencana dengan bantuan program *HEC-RAS 4.1.0.* untuk mengetahui daerah yang terjadi genangan.
  2. Analisa sedimen setelah normalisasi.
- 5) Membuat saran dan kesimpulan.



### Bagan Alir (Flow Chart)



## **BAB IV**

### **ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Analisa Hidrologi**

##### **4.1.1 Curah Hujan Rerata Daerah**

Keakuratan data curah hujan disuatu DAS dapat ditunjang dengan penempatan jumlah stasiun yang semakin banyak dan merata didaerah tersebut. Untuk DAS yang kecil umumnya hujan merata diseluruh daerah, sedangkan untuk DAS yang cukup luas maka hujan yang terjadi tidak sama lebatnya, sedangkan stasiun pengukuran curah hujan hanya mencatat curah hujan pada titik tertentu. Dengan demikian akan sulit menentukan besar hujan yang turun diseluruh wilayah DAS serta sulit untuk menentukan hubungan antara besarnya debit banjir dengan curah hujan yang mengakibatkan banjir tersebut.

Hujan rerata daerah dapat dihitung berdasarkan letak stasiun pengamatan curah hujan pada DAS yang ditinjau dengan menggunakan beberapa metode antara lain Metode Rerata Aljabar, Metode Poligon Thiessen, Metode Isohyet. Tetapi pada analisa ini digunakan Metode Poligon Thiessen. Dan data hujan yang dipergunakan pada analisa studi ini adalah stasiun hujan Tulungagung, Stasiun Ngantru dan stasiun hujan Ngunut, dengan data hujan selama 13 tahun (2000-2012), yang kemudian dari data tersebut dilakukan proses analisa sehingga didapatkan besarnya curah hujan harian maksimum tahunan. dan hasil analisanya dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

#### a. Cara Polygon Thiessen

Cara ini berdasarkan rata-rata timbang (*weighted average*). Masing-masing penakar mempunyai daerah pengaruh yang di bentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung di antara dua buah pos penakar.

Menghitung curah hujan harian maksimum (R) untuk tahun 2000 dengan rumus sebagai berikut :

$$R = \frac{A_1 \cdot R_1 + A_2 \cdot R_2 + \dots + R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

$$R = \frac{(123 \times 14,4) + (126 \times 4,8)}{19,2}$$

$$R = 123,75 \text{ mm}$$

Untuk hasil perhitungan selanjutnya, dapat dilihat pada tabel 4.1. dibawah ini.

**Tabel 4.1. Curah Hujan Maksimum**

No.	Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum			R(mm)
		Sta. Tulungagung	Sta. Ngantru	Sta. Ngunut	
0	1	2	3	4	5
1	2000	123	120	126	123,75
2	2001	110	98	101	107,75
3	2002	110	162	119	112,25
4	2003	93	83	62	85,25
5	2004	68	137	145	87,25
6	2005	163	88	145	158,50
7	2006	98	94	104	99,50
8	2007	80	166	93	83,25
9	2008	83	91	65	78,50
10	2009	58	51	81	63,75
11	2010	118	67	152	126,50
12	2011	78	80	64	74,50
13	2012	145,5	68,9	127	140,88

Luas Sta. Tulungagung : 14,4 Km <sup>2</sup> Luas Sta. Ngunut : 4,8 Km <sup>2</sup> Luas Sta. Ngantru : 0 Km <sup>2</sup>	Koefisien Thiessen	Sta. Tulungagung = 0,75  Sta. Ngunut = 0,25  Sta. Nganut = 0,00
--	--------------------	---

*Sumber : Hasil Perhitungan*

#### 4.1.2 Curah Hujan Rancangan

Curah hujan rancangan adalah merupakan curah hujan terbesar tahunan dengan peluang tertentu yang mungkin terjadi disuatu daerah atau hujan dengan kemungkinan periode ulang tertentu.(C.D. Soemarto, 1987).Maka berdasarkan perhiungan hujan maksimum harian rata-rata tahunan diatas dapat dihitung besar curah hujan rencana dengan menggunakan metode Log Pearson Type III dan metode E.J Gumbel.

##### 4.1.2.1 Metode Log Pearson Type III

Metode Log Pearson Type III tidak mempunyai sifat khas yang dapat dipergunakan untuk memperkirakan jenis distribusi ini. Perhitungan parameter statistik metode Log Pearson III dapat di lihat pada tabel 4.2 di bawah ini:

**Tabel 4.2**  
**Perhitungan Parameter Statistik Metode Log Pearson Type III**

No.	Tahun	xi	Log xi	Log xi - Log X	(Log xi - Log X) <sup>2</sup>	(Log xi - Log X) <sup>3</sup>
0	1	2	3	4	5	6
1	2009	63,75	1,804	-0,195	0,038	-0,00736
2	2011	74,50	1,872	-0,127	0,016	-0,00204
3	2008	78,50	1,895	-0,104	0,011	-0,00113
4	2007	83,25	1,920	-0,079	0,006	-0,0004863
5	2003	85,25	1,931	-0,068	0,00467	-0,00031900
6	2004	87,25	1,941	-0,058	0,00339	-0,00019772
7	2006	99,50	1,998	-0,001	0,0000014	-0,0000000017
8	2001	107,75	2,032	0,033	0,001	0,0000372

<b>9</b>	2002	112,25	2,050	0,051	0,003	0,00013
<b>10</b>	2000	123,75	2,093	0,094	0,009	0,00082
<b>11</b>	2010	126,50	2,102	0,103	0,011	0,00109
<b>12</b>	2012	140,88	2,149	0,150	0,022	0,00336
<b>13</b>	2005	158,50	2,200	0,201	0,040	0,00812
Jumlah			25,987		0,165	0,0020
rerata			1,999			
Si			0,117			
Cs			0,124			

*Sumber : Hasil Perhitungan*

Dari hasil perhitungan diatas, maka diperoleh nilai :

1. Curah Hujan Rata – rata :

$$\begin{aligned}
 \text{Log } \bar{X} &= \frac{\sum \text{Log} X}{n} \\
 &= \frac{25,987}{13} \quad \Rightarrow \quad = 1,999
 \end{aligned}$$

2. Simpangan Baku :

$$\begin{aligned}
 Si &= \sqrt{\frac{\sum (\text{Log} X - \text{Log } \bar{X})^2}{(n - 1)}} \\
 &= \sqrt{\frac{0,165}{12}} \quad \Rightarrow \quad = 0,117
 \end{aligned}$$

3. Koefisien Kepencengan :

$$\begin{aligned}
 Cs &= \frac{n \sum (\text{Log} X - \text{Log } \bar{X})^3}{(n - 1)(n - 2)(Si)^3} \\
 &= \frac{13 \times 0,0020}{(13 - 1) \times (13 - 2) \times (0,117)^3} \quad \Rightarrow \quad = 0,124
 \end{aligned}$$

Pada perhitungan curah hujan rancangan digunakan kala ulang 1, 2, 5, dan 10 tahun dengan peramalan menurut distribusi Log Person Type III adalah  $\text{Log } x_T = \text{Log } \bar{X} + (G \times Si)$ . Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada perhitungan berikut :

1. Kala ulang 1 tahun

$$Cs = 0,124 \quad ; \quad G = -2.234$$

$$\begin{aligned} \text{Log } x_T &= \text{Log } \bar{X} + (G \times Si) \\ &= 1,999 + (-2.234 \times 0,117) \\ &= 1.737 \end{aligned}$$

$$X_{1\text{tahun}} = 54.582 \text{ mm}$$

Untuk hasil perhitungan selanjutnya, dapat dilihat pada tabel 4.3. dibawah ini.

**Tabel 4.3.**  
*Curah hujan Rancangan Dengan Dengan Metode Log Person Type III*

Kala Ulang (Tahun)	G	Log $X_T$	CH Rancangan $X_T$ (mm)
1	2	3	4
1	-2.234	1.737	54.582
2	-0.021	1.997	99.215
5	0.835	2.097	124.991
10	1.294	2.151	141.505

*Sumber : Hasil Perhitungan*

Keterangan :

Tr : Tahun Rencana

Cs : Koefisien Asimetri

G : Lihat Tabel (Hubungan Cs dengan Kala Ulang (Tr))

$$\text{Log } X_t : \log \bar{x} + G * S_d$$

$X_t$  : Curah Hujan Rancangan Metode Log Person Type III

#### 4.1.2.2 Metode E.J Gumbel

Metode E.J. Gumbel memiliki sifat khas yaitu nilai asimetrinya (*skewness*)

$C_s = 0,155$  dan nilai kurtosisnya  $C_k = 6,349$  (*C.D. Soemarto, 1987*). Perhitungan parameter dasar statistik hujan harian maksimum dan analisa distribusi frekuensi E.J. Hasil perhitungan parameter dasar statistik metode E.J. Gumbel dapat di lihat pada tabel 4.4 di bawah ini:

**Tabel 4.4**  
*Perhitungan Parameter Statistik Metode E.J. Gumbel*

No	Tahun	xi	Xi - X	( Xi - X ) <sup>2</sup>
0	1	2	3	4
1	2009	63,75	-39,452	1556,485
2	2011	74,50	-28,702	823,822
3	2008	78,50	-24,702	610,204
4	2007	83,25	-19,952	398,095
5	2003	85,25	-17,952	322,285
6	2004	87,25	-15,952	254,476
7	2006	99,50	-3,702	13,707
8	2001	107,75	4,548	20,682
9	2002	112,25	9,048	81,861
10	2000	123,75	20,548	422,208
11	2010	126,50	23,298	542,782
12	2012	140,88	37,678	1419,608
13	2005	158,50	55,298	3057,835
Jumlah		1341,630		9524,050
Rerata		103,202		
Si		28,172		

*Sumber : Hasil Perhitungan*

Dari hasil perhitungan diatas, maka diperoleh nilai :

1. Curah hujan rata – rata

$$\begin{aligned}\bar{x} &= \frac{1}{n} \cdot \sum_1^n x_i \\ &= \frac{1}{13} \times 1341,630 \quad \Rightarrow \quad = 103,202\end{aligned}$$

2. Standar deviasi

$$\begin{aligned}S &= \sqrt{\frac{\sum_1^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \\ &= \sqrt{\frac{9524,150}{(13-1)}} \quad \Rightarrow \quad = 28,172\end{aligned}$$

2. Faktor Frekuensi

$$K = \frac{Y_T - Y_n}{S_n}$$

Dengan :

$$Y_T = -\ln \left[ -\ln \left\{ \frac{(Tr-1)}{Tr} \right\} \right]$$

Nilai  $S_n$  dapat dilihat pada tabel 2.2. hubungan antara *reduced mean* ( $Y_n$ ) dengan besarnya sampel  $n$  dan  $Y_n$  dapat dilihat pada tabel hubungan antara *Reduced Standar Deviation* ( $S_n$ ) dengan besarnya sampel  $n$ . Dari tabel didapatkan :

$n = 13$ , maka ;



$$Y_n = 0,5070$$

$$S_n = 0,9971$$

Maka  $Y_T$  untuk kala ulang 2 tahun :

$$\begin{aligned} Y_T &= -\ln \left[ -\ln \left\{ \frac{(Tr-1)}{Tr} \right\} \right] \\ &= -\ln \left[ -\ln \left\{ \frac{(2-1)}{2} \right\} \right] \Rightarrow = 0.367 \end{aligned}$$

Faktor Frekuensi untuk kala ulang 2 tahun :

$$\begin{aligned} K &= \frac{Y_T - Y_n}{S_n} \\ &= \frac{0.367 - 0,5070}{0,9971} \Rightarrow = 99.233 \end{aligned}$$

Perhitungan selanjutnya terdapat pada table 4.5 berikut :

**Tabel 4.5**  
*Perhitungan Reduced Variated dan Faktor Frekuensi*

No.	Kala Ulang (tahun)	Reduced Variated ( $Y_T$ )	Faktor Frekuensi (K)
1	1	-1.113	-1.6251
2	2	0.367	-0.1409
3	5	1.500	0.9958
4	10	2.250	1.7484

*Sumber : Hasil Perhitungan*

Dengan demikian maka curah hujan rancangan untuk kala ulang 2 tahun adalah :

$$\begin{aligned} X_{2 \text{ tahun}} &= \bar{x} + K.S \\ &= 103,202 + (-0.1409 \times 28,172) \Rightarrow = 99.23 \text{ mm} \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan selanjutnya, dapat dilihat pada tabel 4.6. dibawah ini.

**Tabel 4.6. Curah Hujan Rancangan Dengan metode EJ Gumbel**

Kala Ulang (Tahun)	CH Rancangan $X_T$ (mm)
1	57.421
2	99.233
5	131.257
10	152.460

*Sumber : Hasil Perhitungan*

#### **4.1.3 Pemeriksaan Uji Kesesuaian Distribusi**

Pemeriksaan uji kesesuaian distribusi ini dimaksudkan untuk mengetahui suatu kebenaran hipotesa distribusi frekuensi. Dengan pemeriksaan uji ini akan diketahui:

1. Kebenaran antara hasil pengamatan dengan model distribusi yang diharapkan atau yang diperoleh secara teoritis.
2. Kebenaran hipotesa (diterima/ditolak).

Metode yang digunakan adalah:

##### **4.1.3.1 Uji secara vertikal dengan Chi Square**

Uji chi kuadrat digunakan untuk menguji simpangan secara vertikal. apakah distribusi pengamatan dapat diterima oleh distribusi teoritis. Agar distribusi frekuensi yang dipilih dapat diterima, maka harga  $X^2 < X^2_{Cr}$ . Harga  $X^2_{Cr}$  dapat diperoleh dengan menentukan taraf signifikasi  $\alpha$  dengan derajat kebebasannya (*level of significant*).

- **Uji Chi – Square ( $X^2$ ) Log Pearson Type III**

Jumlah kelas Distribusi (k) dapat diketahui dengan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} k &= 1 + (3,322 \times \text{Log } n) \\ &= 1 + (3,322 \times \text{Log } 13) \\ &= 4,7 \approx 5 \end{aligned}$$

Sehingga dapat dibuat 5 kelas distribusi :

$$= \frac{100\%}{5} \quad \Rightarrow \quad = 20\%$$

Jadi interval yang digunakan adalah : 20 %, 40 %, 60%, 80 %

Pada pengujian Chi Square terlebih dahulu menentukan nilai Cs yang sebelumnya sudah dihitung, yaitu Cs = 0,124. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada perhitungan berikut :

**1. Interval 80 %**

$$\begin{aligned} Cs &= 0,124 \quad ; \quad G = -0,935 \\ \text{Log } X &= \text{Log } \bar{x} + (G \times S) \\ &= 1,999 + (-0,935 \times 0,117) \\ &= 1,967 \\ X &= 92,756 \text{ mm} \end{aligned}$$

**2. Interval 60 %**

$$Cs = 0,124 \quad ; \quad G = -0,270$$

$$\begin{aligned}
\text{Log } X &= \text{Log } \bar{x} + (G \times S) \\
&= 1,999 + (-0,270 \times 0,117) \\
&= 1,889 \\
X &= 77,519 \text{ mm}
\end{aligned}$$

### 3. Interval 40 %

$$Cs = 0,124 \quad ; \quad G = 0,326$$

$$\begin{aligned}
\text{Log } X &= \text{Log } \bar{x} + (G \times S) \\
&= 1,999 + (0,326 \times 0,117) \\
&= 2,037 \\
X &= 108,963 \text{ mm}
\end{aligned}$$

### 4. Interval 20 %

$$Cs = 0,124 \quad ; \quad G = 0,855$$

$$\begin{aligned}
\text{Log } X &= \text{Log } \bar{x} + (G \times S) \\
&= 1,999 + (0,855 \times 0,117) \\
&= 2,099 \\
X &= 125,667 \text{ mm}
\end{aligned}$$

**Tabel 4.7.** Pengujian Chi Square pada probabilitas Log Person Type III

No	Kelas	EJ	OJ	EJ-OJ	(EJ-OJ) <sup>2</sup>
1	0 - 77,519	2	2,6	-0,6	0,36
2	77,519 - 92,756	4	2,6	1,4	1,96
3	92,756 - 108,963	2	2,6	-0,6	0,36
4	108,963 - 125,666	2	2,6	-0,6	0,36
5	125,666 - @	3	2,6	0,4	0,16

Jumlah	13	13		3,2
--------	----	----	--	-----

Sumber : Hasil Perhitungan

$$EJ = \frac{\text{banyaknyadata}}{\text{jumlah data}} = \frac{13}{5} \Rightarrow = 2,6$$

- Banyaknya data (n) = 13
- Taraf signifikan ( $\alpha$ ) = 5 %
- Derajat kebebasan (Dk) = kelas – m – 1  
= 5 – 2 – 1  $\Rightarrow$  = 2

$$X^2 \text{ standar} = 5,991$$

$$X^2 \text{ hitung} = \frac{\sum(EJ - OJ)^2}{OJ} = \frac{3,2}{2,6} \Rightarrow = 1,23$$

Karena  $X^2 \text{ hitung} < X^2 \text{ standar}$ , maka pengujian Chi Square pada distribusi

Log Person Type III **diterima**.

#### • Uji Chi – Square ( $X^2$ ) E.J. Gumbel

Jumlah kelas Distribusi (k) dapat diketahui dengan persamaan sebagai berikut :

$$k = 1 + (3,322 \times \text{Log } n)$$

$$= 1 + (3,322 \times \text{Log } 13)$$

$$= 4,7 \approx 5$$

Sehingga dapat dibuat 5 kelas distribusi :

$$= \frac{100 \%}{5} \Rightarrow = 20\%$$

Jadi interval yang digunakan adalah : 20 %, 40 %, 60%, 80 %

Pada pengujian Chi Square terlebih dahulu menentukan nilai  $Y_n$  dan  $S_n$ , dimana nilai  $Y_n = 0,5070$  dan  $S_n = 0,9971$ . Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada perhitungan berikut :

**1. Interval 80 %**

$$Tr = \frac{100}{80} \Rightarrow = 1,250$$

$$Y_t = -\ln\left(-\ln\left(\frac{Tr-1}{Tr}\right)\right)$$

$$= -\ln\left(-\ln\left(\frac{1,250-1}{1,250}\right)\right) \Rightarrow = -0,476$$

$$K = \frac{(Y_t - Y_n)}{S_n}$$

$$= \frac{(-0,476 - 0,5070)}{0,9971} \Rightarrow = -0,986$$

$$X_t = \bar{X} + (K \times S)$$

$$= 103,20 + (-0,986 \times 28,17) \Rightarrow = 75,432$$

Untuk hasil perhitungan selanjutnya, dapat dilihat pada tabel 4.11. dibawah ini.

***Tabel 4.8. Batas Kelas Pada Probabilitas EJ Gumbel***

No	Pr	Tr	Yt	K	Xt
1	80	1,250	-0,476	-0,986	75,432
2	60	1,667	0,087	-0,421	91,347
3	40	2,500	0,672	0,165	107,857
4	20	5,000	1,500	0,996	131,257

*Sumber : Hasil Perhitungan*

**Tabel 4.9. Pengujian Chi Square pada probabilitas EJ Gumbel**

No	Kelas	EJ	OJ	EJ-OJ	(EJ-OJ) <sup>2</sup>
1	0 - 75,432	2	2,6	-0,6	0,36
2	75,432 - 91,347	4	2,6	1,4	1,96
3	91,347 - 107,856	2	2,6	-0,6	0,36
4	107,856 - 131,256	3	2,6	0,4	0,16
5	131,256 - @	2	2,6	-0,6	0,36
Jumlah		13	13		3,2

Sumber : Hasil Perhitungan

$$EJ = \frac{\text{banyaknyadata}}{\text{jumlah data}} = \frac{13}{5} \Rightarrow = 2,6$$

- Banyaknya data (n) = 13
- Taraf signifikan ( $\alpha$ ) = 5 %
- Derajat kebebasan (Dk) = kelas – m – 1  
 $= 5 - 1 - 1 \Rightarrow = 3$

$$X^2 \text{ standar} = 7,815$$

$$X^2 \text{ hitung} = \frac{\sum(EJ - OJ)^2}{OJ} = \frac{3,2}{2,6} \Rightarrow = 1,23$$

Karena  $X^2 \text{ hitung} < X^2 \text{ standar}$ , maka pengujian Chi Square pada distribusi EJ Gumbel **diterima.**

#### 4.1.3.2 Uji secara horisontal dengan Smirnov – Kolmogorov

Uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov, sering juga disebut uji kecocokan non parametrik (*non parametrik test*), karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu, Agar distribusi frekuensi yang dipilih dapat diterima, maka harga  $\Delta_{\text{maks}} < \Delta_{\text{cr}}$ , dan jika  $\Delta_{\text{maks}} > \Delta_{\text{cr}}$  berarti gagal.

Untuk melakukan uji Smirnov-Kolmogorov, data curah hujan harian maksimum tahunan disusun dari angka terkecil ke angka terbesar. Sedangkan untuk menghitung probabilitasnya digunakan rumus :

$$P(x) = \frac{m}{n+1}$$

$$= \frac{1}{13+1} \Rightarrow = 0,071$$

$$f(t) = 1,659 ; \quad Pr = 0,951$$

$$P'(x) = 1 - Pr$$

$$= 1 - 0,951 \Rightarrow = 0,049$$

Untuk data yang lain dapat di lihat pada table 4.10 berikut :

**Tabel 4.10**  
*Uji Smirnov Kolmogorov Pada Probabilitas Log Pearson Type III*

m	Log X	Log X <sub>terurut</sub>	$P_e = \left[ \frac{m}{n+1} \right]$	$f(t) = \left[ \frac{\text{Log} \bar{X} - \text{Log} X}{S} \right]$	Pr	P <sub>t</sub>	$\Delta$ (P <sub>e</sub> - P <sub>t</sub> )
1	2,093	1,804	0,071	1,659	0,951	0,049	0,023
2	2,032	1,872	0,143	1,082	0,860	0,140	0,003
3	2,050	1,895	0,214	0,888	0,813	0,187	0,027
4	1,931	1,920	0,286	0,671	0,749	0,251	0,034
5	1,941	1,931	0,357	0,583	0,720	0,280	0,077
6	2,200	1,941	0,429	0,497	0,690	0,310	0,119
7	1,998	1,998	0,500	0,010	0,504	0,496	0,004
8	1,920	2,032	0,571	-0,285	0,388	0,612	-0,041
9	1,895	2,050	0,643	-0,436	0,331	0,669	-0,026
10	1,804	2,093	0,714	-0,798	0,213	0,787	-0,073
11	2,102	2,102	0,786	-0,879	0,190	0,810	-0,025
12	1,872	2,149	0,857	-1,278	0,101	0,899	-0,042
13	2,149	2,200	0,929	-1,714	0,043	0,957	-0,028
Rerata, $\bar{X}$ Simpangan Baku, $s$		<b>1,999</b> <b>0,117</b>			<b><math>\Delta</math> Maks.</b>		<b>0,119</b>

*Sumber : Hasil Perhitungan*



Keterangan :

- Banyak data = 13
- Taraf signifikan ( $\alpha$ ) = 5 %  $\Rightarrow$  = 0,05
- $\Delta Cr$  = 0,375 (hasil interpolasi)
- $\Delta$  Maks = 0,119

Karena  $\Delta Maks < \Delta Cr$ , maka pengujian Smirnov-Kolmogorov pada distribusi

Log Person Type III **diterima**.

- **Uji Smirnov Kolmogorov Pada Probabilitas E. J. GUMBEL**

Untuk melakukan uji Smirnov-Kolmogorov, data curah hujan harian maksimum tahunan disusun dari angka terkecil ke angka terbesar. Sedangkan untuk menghitung probabilitasnya digunakan rumus :

$$P(x) = \frac{m}{n+1}$$
$$= \frac{1}{13+1} \quad \Rightarrow \quad = 0,071$$

Mencari nilai  $P'(x)$  :

$$x = 63,75$$

$$x = \bar{x} + (k \times S)$$

$$63,75 = 103,20 + (k \times 28,17)$$

$$k = \frac{103,20 - 63,75}{28,17} \quad \Rightarrow \quad = 1,400$$

$$k = \frac{Y_t - Y_n}{S_n}$$

$$1,400 = \frac{Y_t - 0,5070}{0,9971}$$

$$Y_t = 0,5070 + (1,400 \times 0,9971) \Rightarrow = 1,903$$

$$P'(x) = 1 - e^{-Y_t}$$

$$= 1 - 2,718^{-2,718^{1,903}} \Rightarrow = 0,138$$

Untuk hasil perhitungan selanjutnya, dapat dilihat pada tabel 4.11. dibawah ini.

**Tabel 4.11**  
*Uji Smirnov Kolmogorov Pada E.J Gumbel*

m	X	X <sub>terurut</sub>	$P_e = \left[ \frac{m}{n+1} \right]$	K	Yt	Pt	$\Delta$ (Pe – Pt)
1	123,75	63,75	0,071	1,400	1,903	0,138	-0,067
2	107,75	74,50	0,143	1,019	1,523	0,196	-0,053
3	112,25	78,50	0,214	0,877	1,381	0,222	-0,008
4	85,25	83,25	0,286	0,708	1,213	0,257	0,029
5	87,25	85,25	0,357	0,637	1,142	0,273	0,084
6	158,50	87,25	0,429	0,566	1,072	0,290	0,139
7	99,50	99,50	0,500	0,131	0,638	0,410	0,090
8	83,25	107,75	0,571	-0,161	0,346	0,507	0,064
9	78,50	112,25	0,643	-0,321	0,187	0,564	0,079
10	63,75	123,75	0,714	-0,729	-0,220	0,712	0,002
11	126,50	126,50	0,786	-0,827	-0,318	0,747	0,039
12	74,50	140,88	0,857	-1,337	-0,827	0,898	-0,041
13	140,88	158,50	0,929	-1,963	-1,450	0,986	-0,057
Rerata, $\bar{X}$		<b>103,20</b>					
Simpangan Baku, s		<b>28,17</b>				<b><math>\Delta</math> Maks.</b>	<b>0,139</b>

Sumber : Hasil Perhitung

- Banyak data = 13
- Taraf signifikan ( $\alpha$ ) = 5 %  $\Rightarrow$  = 0,05
- $\Delta Cr$  = 0,375
- $\Delta$  Maks = 0,139

Karena  $\Delta_{Maks} < \Delta_{Cr}$ , maka pengujian Smirnov-Kolmogorov pada distribusi EJ Gumbel **diterima**.

Antara hasil perhitungan metode Log Pearson Type III dan Metode E.J. Gumbel, pada uji Chi-Square E.J Gumbel tidak diterima karena  $\Delta$  kritis lebih kecil dari  $\Delta$  hitung, maka untuk perhitungan selanjutnya metode Log Pearson Type III tersebutlah yang dijadikan acuan untuk proses analisa selanjutnya.

**Tabel 4.12**  
*Tabel Perhitungan Curah Hujan Rancangan*

Kala Ulang (Tahun)	Log Person III	EJ Gumbel
1	54.582	57.421
2	99.215	99.233
5	124.991	131.257
10	141.505	152.460

*Sumber : Hasil Perhitungan*

**Tabel 4.13**  
*Tabel Pengujian Dengan Simirnov Kolmogorof*

UJI	Distribusi	
	Log Person III	Gumbel
<b><u>Uji Chi Kuadrat</u></b>		
X <sup>2</sup> hitung	1.23	1.23
X <sup>2</sup> Tabel	22.362	22.362
Hipotesa	<b>Diterima</b>	<b>Diterima</b>
<b><u>Uji S. Kolmogorof</u></b>		
D max	0.119	0.139
D kritis	0.375	0.375
Hipotesa	<b>Diterima</b>	<b>Diterima</b>

*Sumber : Hasil Perhitungan*

Dari hasil perhitungan uji distribusi Smirnov-Kolmogorov dan Chi Square pada metode Log Person III dan metode EJ Gumbel dapat diterima. Untuk perhitungan

selanjutnya dapat digunakan metode Log Person III sebagai acuan untuk proses analisa selanjutnya, karena pada hasil perhitungan uji Smirnov-Kolmogorov dengan metode Log Person Type III memiliki  $\Delta$ Maks lebih kecil dibandingkan metode EJ Gumbel

#### 4.1.4. Distribusi Hujan Jam –Jaman

Dalam perhitungan ini, perhitungan kemungkinan curah hujan tiap jamnya dihitung dengan menggunakan rumus (Suyono, 1989). Dari data statistik hujan tahunan di Jawa Timur khususnya di Kabupaten Tulungagung, diketahui bahwa daerah tersebut rata – rata terjadi hujan selama (t) = 5 jam maka,

$$R_t = \frac{R_{24}}{t} \times \left(\frac{3}{T}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$T_1 = 1\text{jam} = R_1 = \frac{R_{24}}{5} \times \left(\frac{5}{1}\right)^{\frac{2}{3}} = 0,58 R_{24}$$

$$T_2 = 2\text{jam} R_2 = \frac{R_{24}}{5} \times \left(\frac{5}{2}\right)^{\frac{2}{3}} = 0,37 R_{24}$$

$$T_3 = 3\text{jam} R_3 = \frac{R_{24}}{5} \times \left(\frac{5}{3}\right)^{\frac{2}{3}} = 0,28 R_{24}$$

$$T_4 = 4\text{jam} R_3 = \frac{R_{24}}{5} \times \left(\frac{5}{4}\right)^{\frac{2}{3}} = 0,23 R_{24}$$

$$T_5 = 5\text{jam} R_3 = \frac{R_{24}}{5} \times \left(\frac{5}{5}\right)^{\frac{2}{3}} = 0,20 R_{24}$$

Maka untuk  $R_{24}=100$  % di dapatkan hubungan waktu hujan dengan ratio jam ke t yaitu dengan persamaan:

$$R_t = t \cdot R_t - (t-1) \cdot R(t-1)$$

Dengan memasukkan nilai t pada persamaan di atas akan di dapatkan:

$$1 \text{ jam}, R_1 = 1 \cdot R_1 - (1-1) \cdot R(1-1)$$

$$= 1 \cdot 0,58 \times R_{24}$$

$$= 0,58 \times 100\%$$

$$= 58 \%$$

$$2 \text{ jam}, R_2 = 2 \cdot R_2 - (2-1) \cdot R_1$$

$$= 2 \cdot 0,37 R_{24} - 1 \cdot 0,58 R_{24}$$

$$= 0,74 \times 100\% - 0,58 \times 100\%$$

$$= 16 \%$$

$$3 \text{ jam}, R_3 = 3 \cdot R_3 - (3-1) \cdot R_2$$

$$= 3 \cdot 0,28 R_{24} - 2 \cdot 0,37 R_{24}$$

$$= 0,84 \times 100\% - 0,74 \times 100\%$$

$$= 10 \%$$

$$4 \text{ jam}, R_3 = 4 \cdot R_3 - (4-1) \cdot R_2$$

$$= 4 \cdot 0,23 R_{24} - 3 \cdot 0,28 R_{24}$$

$$= 0,92 \times 100\% - 0,84 \times 100\%$$

$$= 8 \%$$

$$5 \text{ jam}, R_3 = 5 \cdot R_3 - (5-1) \cdot R_2$$

$$= 5 \cdot 0,20 R_{24} - 4 \cdot 0,23 R_{24}$$

$$= 1 \times 100\% - 0,92 \times 100\%$$

$$= 7,8 \%$$

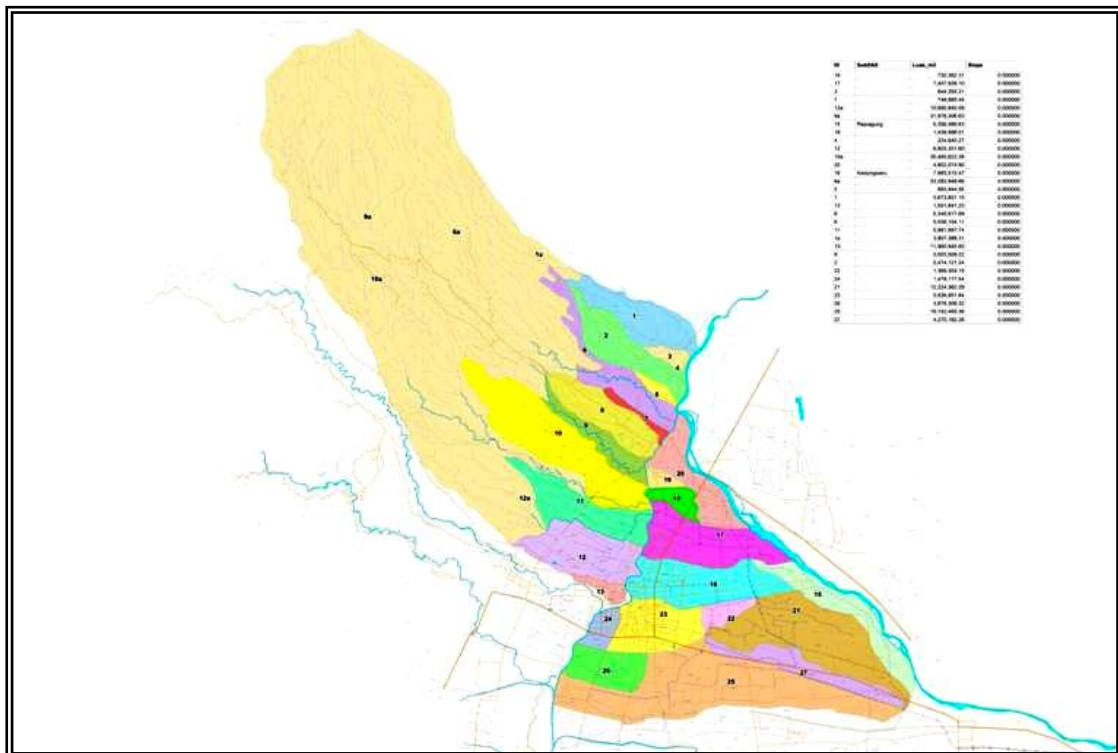
**Tabel 4.14**  
*Distribusi Hujan Jam -jaman*

No.	Jam ke	Ratio (%)
1	1	58
2	2	16
3	3	10
4	4	8
5	5	7,8

*Sumber : Hasil Perhitungan*

#### 4.1.5. Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran ditentukan berdasarkan tata guna lahan dan tabel koefisien pengaliran yang dapat dilihat pada tabel 2.3. Lokasi perencanaan berada di kabupaten Tulungagung dengan keadaan tata guna lahannya terdiri dari pemukiman, sawah dan kebun. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.1 dan tabel 4.15.



**Gambar 4.1.** Sub Daerah Aliran Sungai (DAS) Kabupaten Tulungagung

**Tabel 4.15. Rerata Koefisien Pengaliran Penggunaan Lahan Kabupaten Tulungagung**

No Sub DAS	Penggunaan Lahan	Luas		koefisien (C)
		Total (km <sup>2</sup> )	(km <sup>2</sup> )	
21	Pemukiman		4,645	0,7
	Sawah	12,224	3,912	0,8
	Kebun		3,667	0,3
22	Pemukiman		0,616	0,6
	Sawah	1,369	0,534	0,8
	Kebun		0,219	0,6
23	Pemukiman		3,439	0,7
	Sawah	5,637	1,747	0,8
	Kebun		0,451	0,3

Sumber : Data Lapangan

$$C = \frac{(A_1.C_1) + (A_2.C_2) + ..... + (A_n.C_n)}{A_1 + A_2 + ..... + A_n}$$

$$C = \frac{(12,224 \times 0,60) + (1,369 \times 0,60) + (5,637 \times 0,60)}{12,224 + 1,369 + 5,637}$$

$$= 0,65$$

#### 4.1.6. Hujan Efektif

Berdasarkan pada hasil perhitungan hujan rencana dengan metode *Log Person III* dan perhitungan distribusi hujan jam – jaman, maka dapat dihitung hujan efektif dengan menggunakan persamaan :

$$R_n = C . R$$

$$\text{Curah hujan rancangan 1 tahun} = 124,991$$

$$\text{Koefisien pengaliran} = 0,65$$

Maka :

$$\text{Curah hujan efektif} = 124,991 \times 0,65 = 81,244$$

$$\text{Curah hujan jam-jaman} = 81,244 \times 58\% = 38,925$$

Untuk hasil perhitungan selanjutnya, dapat dilihat pada tabel 4.15. dibawah ini.

**Tabel 4.16. Perhitungan hujan Efektif**

No	Jam ke	Ratio (%)	Distribusi Hujan Jam - jaman (mm)			
			5 Th	10 Th	20 Th	50 Th
1	1	58	4712,15	5334,79	5835,84	6666,46
2	2	16	1299,94	1471,66	1609,88	1839,02
3	3	10	812,44	919,79	1006,18	1149,39
4	4	8,2	666,20	754,22	825,06	942,49
Probabilitas Hujan Harian			124,991	141,505	154,797	176,829
Koefisien Pengaliran			0,65	0,65	0,65	0,65
Hujan Efektif			81,244	91,979	100,618	114,939

*Sumber : Hasil perhitungan*

#### 4.1.7 Perhitungan Debit Rencana dengan Metode Nakayasu

Berdasarkan data topografi dan hasil perhitungan maka dapat diketahui data – data sebagai berikut :

$$\text{Luas DAS (A)} = 19,20 \text{ km}^2$$

$$\text{Panjang sungai utama (L)} = 3,285 \text{ km}$$

$$\text{Koefisien pengaliran (C)} = 0,65$$

$$R_0 = 1,00 \text{ mm (hujan satuan)}$$

1) Menentukan nilai waktu konsentrasi (Tg). Karena  $L < 15 \text{ km}$  maka :

$$\begin{aligned}
 T_g &= 0,27 \times L^{0,7} \\
 &= 0,27 \times 3,285^{0,7}
 \end{aligned}$$



$$= 0,885$$

- 2) Menentukan nilai  $T_r$  yang nilainya antara  $0,5 T_g - 1 T_g$

$$T_r = 1 \times 0,885$$

$$= 0,885$$

- 3) Menentukan nilai ( $T_p$ ) dengan rumus

$$T_p = t_g + 1 t_r$$

$$= 0,885 + (1,0 \times 0,885)$$

$$= 1,77 \approx 2 \text{ jam}$$

- 4) Menentukan nilai  $T_{0,3}$

$$T_{0,3} = \alpha \times T_g$$

$$\text{Parameter } \alpha = \frac{0,47 \times (A.L)^{0,25}}{T_g}$$

$$= \frac{0,47 \times (19,20 \times 3,285)^{0,25}}{0,885}$$

$$= 1,698$$

$$T_{0,3} = 1,698 \times 0,885$$

$$= 1,504$$

- 5) mencari debit puncak ( $Q_p$ )

$$Q_p = \frac{A.R_o}{3,6 \times (0,3.T_p + T_{0,3})}$$

$$= \frac{19,20 \times 1}{3,6 \times (0,3 \times 2 + 1,504)}$$

$$= 2,535 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

Menghitung unit hidrograf satuan banjir banjir rancangan dengan menggunakan persamaan – persamaan sebagai berikut :

1) Untuk lengkung naik dengan  $0 \leq t \leq T_p = 0 \leq t \leq 2$

$$Q_a = Q_p \left( \frac{t}{T_p} \right)^{2,4}$$

$$= 2,535 \times \left( \frac{1}{2} \right)^{2,4}$$

$$= 0,480$$

2) Untuk lengkung turun dengan  $T_p \leq t \leq (T_p + T_{0,3}) = 2 \leq t \leq 3,504$

$$Q_{d1} = Q_p \times 0,3 \left( \frac{t - T_p}{T_{0,3}} \right)$$

$$= 2,535 \times 0,3 \left( \frac{3-2}{1,504} \right)$$

$$= 1,138$$

3) Untuk lengkung turun kedua dengan  $(T_p + T_{0,3}) < t < (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}) =$

$$3,504 < t < 5,759$$

$$Q_{d2} = Q_p \times 0,3 \left( \frac{t - T_p + 0,5 \times T_{0,3}}{1,5 \times T_{0,3}} \right)$$

$$= 2,535 \times 0,3 \left( \frac{4-2+0,5 \times 1,504}{1,5 \times 1,504} \right)$$

$$= 0,584$$

4) Untuk lengkung turun kedua dengan  $t \geq (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}) = t \geq 5,759$

$$\begin{aligned}
Q_{d3} &= Q_p \cdot 0,3 \left( \frac{t - T_p + 1,5 \cdot T_{0,3}}{2 \cdot T_{0,3}} \right) \\
&= 2,535 \times 0,3 \left( \frac{6 - 1 + 1,5 \times 1,504}{2 \times 1,504} \right) \\
&= 0,207
\end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan selanjutnya, dapat dilihat pada tabel 4.18. dibawah ini.

**Tabel 4.17** : Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

t (Jam)	Qa	Qd1	Qd2	Qd3
0	0,00000			
1	0,48035			
2	2,53530			
3		1,13837		
4			0,58355	
5			0,34218	
6				0,20720
7				0,13884
8				0,09303
9				0,06234
10				0,04177
11				0,02799
12				0,01876
13				0,01257
14				0,00842
15				0,00564
16				0,00378
17				0,00253
18				0,00170
19				0,00114
20				0,00076
21				0,00051
22				0,00034

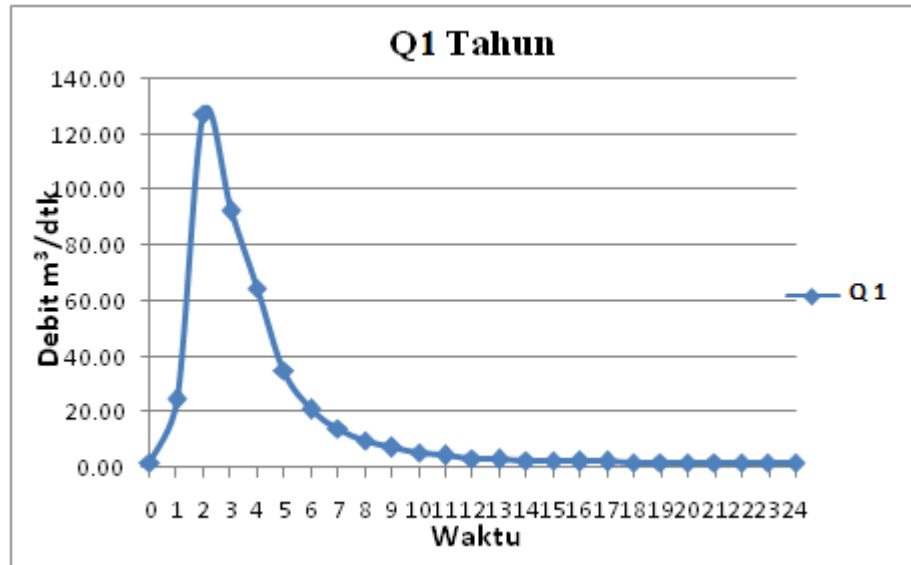
23				0,00023
24				0,00015

Sumber : Hasil perhitungan

**Tabel 4.18 : Ordinat Banjir Rancangan 1 Tahun**

ORDINAT BANJIR RANCANGAN KALA ULANG 1 TAHUN								
t (Jam)	Q (m <sup>3</sup> /detik)	CURAH HUJAN JAM-JAMAN					Base Flow (Qf)	Q Banjir (m <sup>3</sup> /detik)
		R1	R2	R3	R4	R5		
		38,925	29,529	18,791	15,436	13,423		
0	0	0					1,85	1,85
1	0,48035	22,635	0				1,85	24,485
2	2,5353	119,468	6,244	0			1,85	127,562
3	1,13837	53,642	32,957	3,903	0		1,85	92,351
4	0,58355	27,498	14,798	20,598	7,415	0	1,85	64,744
5	0,34218	16,124	7,586	9,249	39,136	4,293	1,85	34,808
6	0,2072	9,763	4,448	4,741	17,572	22,658	1,85	20,802
7	0,13884	6,542	2,693	2,78	9,008	10,174	1,85	13,866
8	0,09303	4,384	1,805	1,683	5,282	5,215	1,85	9,722
9	0,06234	2,938	1,209	1,128	3,198	3,058	1,85	7,125
10	0,04177	1,968	0,81	0,756	2,143	1,852	1,85	5,385
11	0,02799	1,319	0,543	0,506	1,436	1,241	1,85	4,218
12	0,01876	0,884	0,364	0,339	0,962	0,831	1,85	3,437
13	0,01257	0,592	0,244	0,227	0,645	0,557	1,85	2,913
14	0,00842	0,397	0,163	0,152	0,432	0,373	1,85	2,563
15	0,00564	0,266	0,109	0,102	0,29	0,25	1,85	2,328
16	0,00378	0,178	0,073	0,068	0,194	0,168	1,85	2,17
17	0,00253	0,119	0,049	0,046	0,13	0,112	1,85	2,064
18	0,0017	0,08	0,033	0,031	0,087	0,075	1,85	1,994
19	0,00114	0,054	0,022	0,021	0,058	0,05	1,85	1,946
20	0,00076	0,036	0,015	0,014	0,039	0,034	1,85	1,915
21	0,00051	0,024	0,01	0,009	0,026	0,023	1,85	1,893
22	0,00034	0,016	0,007	0,006	0,018	0,015	1,85	1,879
23	0,00023	0,011	0,004	0,004	0,012	0,01	1,85	1,869
24	0,00015	0,007	0,003	0,003	0,002	0,001	1,85	1,863

sumber : Hasil perhitungan

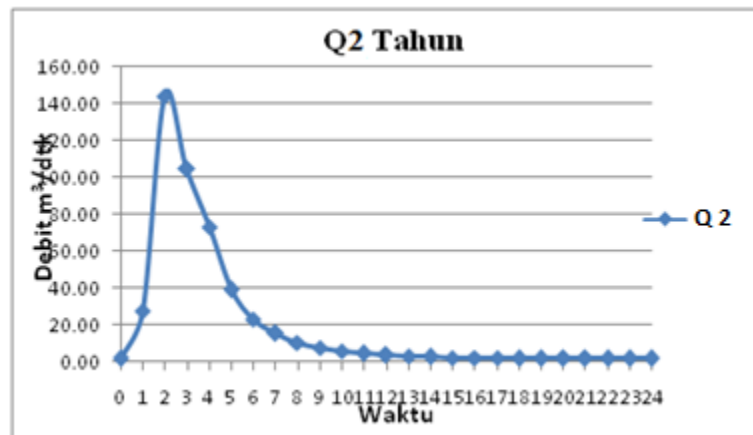


**Gambar 4.2** Hidrograf Banjir Rancangan Metode Nakayasu

**Tabel 4.19:** Ordinat Banjir Rancangan 2 Tahun

ORDINAT BANJIR RANCANGAN KALA ULANG 2 TAHUN								
t (Jam)	Q (m <sup>3</sup> /detik)	CURAH HUJAN JAM-JAMAN					Base Flow (Qf)	Q Banjir (m <sup>3</sup> /detik)
		R1	R2	R3	R4	R5		
		44,282	33,593	21,378	17,56	15,27		
0	0	0					1,85	1,85
1	0,48035	25,625	0				1,85	27,475
2	2,5353	135,252	7,069	0			1,85	144,171
3	1,13837	60,73	37,311	4,418	0		1,85	104,309
4	0,58355	31,131	16,753	23,319	8,395	0	1,85	73,053
5	0,34218	18,254	8,588	10,471	44,307	4,86	1,85	39,163
6	0,2072	11,053	5,036	5,367	19,894	25,651	1,85	23,306
7	0,13884	7,407	3,049	3,147	10,198	11,518	1,85	15,453
8	0,09303	4,963	2,043	1,906	5,98	5,904	1,85	10,762
9	0,06234	3,326	1,369	1,277	3,621	3,462	1,85	7,822
10	0,04177	2,228	0,917	0,856	2,426	2,096	1,85	5,852
11	0,02799	1,493	0,615	0,573	1,626	1,405	1,85	4,531
12	0,01876	1,001	0,412	0,384	1,089	0,941	1,85	3,647
13	0,01257	0,67	0,276	0,257	0,73	0,631	1,85	3,054
14	0,00842	0,449	0,185	0,173	0,489	0,423	1,85	2,657
15	0,00564	0,301	0,124	0,116	0,328	0,283	1,85	2,391
16	0,00378	0,202	0,083	0,077	0,22	0,19	1,85	2,212
17	0,00253	0,135	0,056	0,052	0,147	0,127	1,85	2,093
18	0,0017	0,091	0,037	0,035	0,099	0,085	1,85	2,013
19	0,00114	0,061	0,025	0,023	0,066	0,057	1,85	1,959
20	0,00076	0,041	0,017	0,016	0,044	0,038	1,85	1,923
21	0,00051	0,027	0,011	0,01	0,03	0,026	1,85	1,899
22	0,00034	0,018	0,008	0,007	0,02	0,017	1,85	1,883
23	0,00023	0,012	0,005	0,005	0,013	0,012	1,85	1,872
24	0,00015	0,008	0,003	0,003	0,002	0,002	1,85	1,865

Sumber : Hasil perhitungan

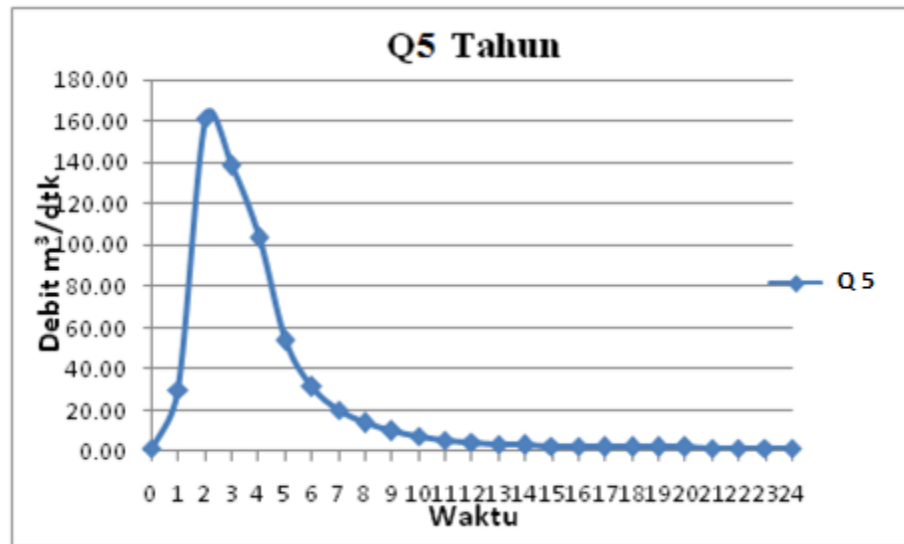


**Gambar 4.3** Hidrograf Banjir Rancangan Metode Nakayasu

**Tabel 4.20 : Ordinat Banjir Rancangan 5 Tahun**

ORDINAT BANJIR RANCANGAN KALA ULANG 5 TAHUN								
t (Jam)	Q (m <sup>3</sup> /detik)	CURAH HUJAN JAM-JAMAN					Base Flow (Qf)	Q Banjir (m <sup>3</sup> /detik)
		R1	R2	R3	R4	R5		
		48,355	36,386	23,345	19,175	16,674		
0	0	0					1,85	1,85
1	0,48035	28,033	0				1,85	29,883
2	2,5353	147,956	11,897	0			1,85	161,704
3	1,13837	66,434	62,793	7,436	0		1,85	138,513
4	0,58355	34,055	28,195	39,246	14,128	0	1,85	103,346
5	0,34218	19,969	14,453	17,622	74,567	8,179	1,85	53,894
6	0,2072	12,092	8,475	9,033	33,481	43,17	1,85	31,45
7	0,13884	8,102	5,132	5,297	17,163	19,384	1,85	20,381
8	0,09303	5,429	3,439	3,207	10,064	9,937	1,85	13,925
9	0,06234	3,638	2,304	2,149	6,094	5,826	1,85	9,941
10	0,04177	2,438	1,544	1,44	4,083	3,528	1,85	7,272
11	0,02799	1,634	1,035	0,965	2,736	2,364	1,85	5,483
12	0,01876	1,095	0,693	0,647	1,834	1,584	1,85	4,285
13	0,01257	0,733	0,465	0,433	1,229	1,062	1,85	3,481
14	0,00842	0,491	0,311	0,29	0,823	0,711	1,85	2,943
15	0,00564	0,329	0,209	0,195	0,552	0,477	1,85	2,582
16	0,00378	0,221	0,14	0,13	0,37	0,319	1,85	2,341
17	0,00253	0,148	0,094	0,087	0,248	0,214	1,85	2,179
18	0,0017	0,099	0,063	0,059	0,166	0,143	1,85	2,07
19	0,00114	0,066	0,042	0,039	0,111	0,096	1,85	1,998
20	0,00076	0,044	0,028	0,026	0,075	0,064	1,85	1,949
21	0,00051	0,03	0,019	0,018	0,05	0,043	1,85	1,916
22	0,00034	0,02	0,013	0,012	0,033	0,029	1,85	1,894
23	0,00023	0,013	0,008	0,008	0,022	0,019	1,85	1,88
24	0,00015	0,009	0,006	0,005	0,003	0,001	1,85	1,87

*Sumber : Hasil perhitungan*



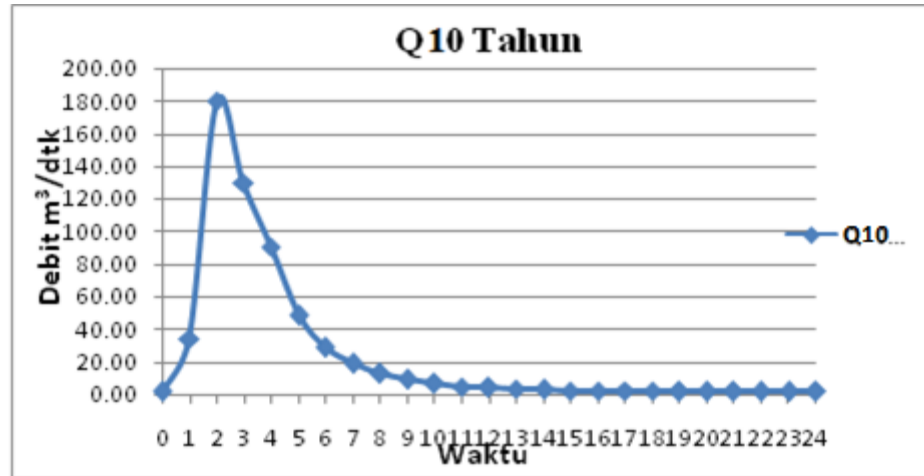
*Gambar 4.4 Hidrograf Banjir Rancangan Metode Nakayasu*



**Tabel 4.21 : Ordinat Banjir Rancangan 10 Tahun**

ORDINAT BANJIR RANCANGAN KALA ULANG 10 TAHUN								
t (Jam)	Q (m <sup>3</sup> /detik)	CURAH HUJAN JAM-JAMAN					Base Flow (Qf)	Q Banjir (m <sup>3</sup> /detik)
		R1	R2	R3	R4	R5		
		55,236	41,903	26,666	21,904	19,047		
0	0	0					1,85	1,85
1	0,48035	32,022	0				1,85	33,872
2	2,5353	169,014	8,834	0			1,85	179,698
3	1,13837	75,889	46,625	5,521	0		1,85	129,885
4	0,58355	38,902	20,935	29,14	10,49	0	1,85	90,827
5	0,34218	22,811	10,732	13,084	55,367	6,073	1,85	48,477
6	0,2072	13,813	6,293	6,707	24,86	32,054	1,85	28,663
7	0,13884	9,256	3,81	3,933	12,744	14,393	1,85	18,849
8	0,09303	6,202	2,553	2,381	7,473	7,378	1,85	12,987
9	0,06234	4,156	1,711	1,596	4,525	4,326	1,85	9,313
10	0,04177	2,785	1,146	1,069	3,032	2,62	1,85	6,851
11	0,02799	1,866	0,768	0,717	2,032	1,755	1,85	5,201
12	0,01876	1,25	0,515	0,48	1,361	1,176	1,85	4,095
13	0,01257	0,838	0,345	0,322	0,912	0,788	1,85	3,355
14	0,00842	0,561	0,231	0,216	0,611	0,528	1,85	2,858
15	0,00564	0,376	0,155	0,144	0,41	0,354	1,85	2,526
16	0,00378	0,252	0,104	0,097	0,274	0,237	1,85	2,303
17	0,00253	0,169	0,07	0,065	0,184	0,159	1,85	2,153
18	0,0017	0,113	0,047	0,043	0,123	0,106	1,85	2,053
19	0,00114	0,076	0,031	0,029	0,083	0,071	1,85	1,986
20	0,00076	0,051	0,021	0,02	0,055	0,048	1,85	1,941
21	0,00051	0,034	0,014	0,013	0,037	0,032	1,85	1,911
22	0,00034	0,023	0,009	0,009	0,025	0,021	1,85	1,891
23	0,00023	0,015	0,006	0,006	0,017	0,014	1,85	1,877
24	0,00015	0,01	0,004	0,004	0,002	0,01	1,85	1,868

*Sumber : Hasil perhitungan*



**Gambar 4.5** Hidrograf Banjir Rancangan Metode Nakayasu

## 4.2 Analisa Hidrolika

### 4.2.1 Analisa Profil Muka Air Akibat Debit Rencana Pada Kondisi Eksisting

Analisa hidrolika sungai dimaksudkan untuk mengetahui kapasitas alur sungai pada kondisi sekarang terhadap banjir rencana. Dari analisa hidrologi yang telah dilaksanakan, selanjutnya debit banjir rencana akan digunakan untuk analisa hidrolika pada kondisi eksisting dengan menggunakan data pengukuran topografi sebagai input geometri penampang sungai. Analisa yang dilakukan menggunakan bantuan program *HEC-RAS 4.1.0*. Hasil analisa program merupakan hasil pendekatan dengan berbagai macam input data yang di ambil dari lapangan dan parameter yang digunakan harus sesuai dengan kondisi yang ada. Untuk analisa studi ini dilakukan disepanjang alur Sungai Kedungwaru.

Pengaruh debit rencana pada penampang eksisting terhadap profil muka air dengan program *HEC-RAS* dapat dilihat pada gambar 4.3. Dari gambar tersebut

terlihat bahwa pada QJ1 yang terdiri dari cross section 119 – 112 dan 98 – 54 dengan debit Q 1 tahun sebesar 20,84 m<sup>3</sup>/det, QJ2 yang terdiri dari cross section 4 – 9 penampang saluran existing yang ada sudah tidak mampu lagi menampung besarnya debit rencana. Sehingga perlu diadakan perbaikan penampang saluran. begitu juga pada QJ2 (tengah) yang terdiri dari cross section 3 – 9 dengan debit 18,21 sudah tidak mampu lagi menampung besarnya debit banjir yang masuk.

Sedangkan pada Ruas QJ1 yang terdiri dari croos 111 – 99, 73, 53 – 49, 46 – 40 dan pada ruas QJ3 yang terdiri dari croos 36 – 1 dengan debit QJ1 dan QJ3 masih mampu menampung besarnya debit rencana. Lokasi genangan dapat dilihat pada gambar 4.2.



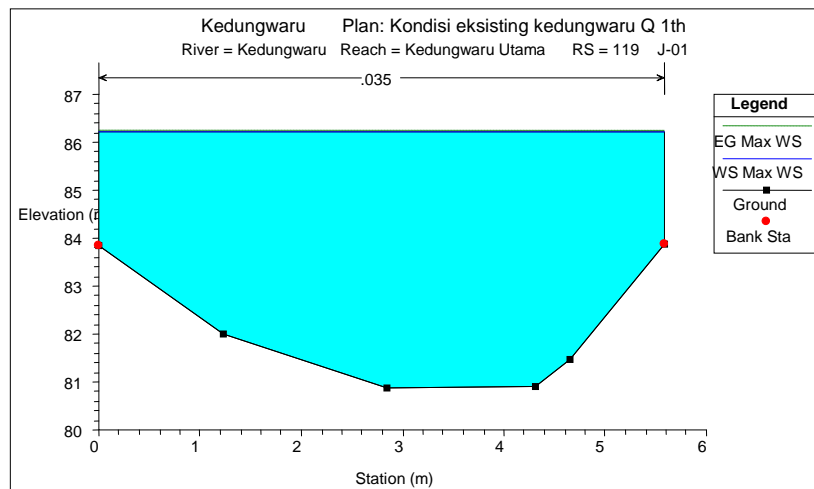
**Gambar 4.6.** Lokasi genangan Sungai Kedungwaru

Dengan melihat kondisi tersebut di atas maka perlu direncanakan penanggulangan banjir yaitu dengan perbaikan kapasitas atau normalisasi sungai pada

ruas – ruas yang tidak lagi mencukupi dan tidak mampu mengalirkan debit yang mengalir.

#### 4.2.2 Perencanaan Perbaikan

Kondisi eksisting pada cross section RS 119 dengan debit banjir Q 1 tahun sebesar 20,84 m<sup>3</sup>/det sudah tidak mampu menampung debit banjir. Maka perlu adanya perbaikan agar kapasitas saluran mampu mengalirkan debit banjir.



**Gambar 4.7.** Kondisi eksisting Sungai Kedungwaru RS 119

##### 4.2.2.1 Bentuk Penampang Saluran

Bentuk penampang Kali Kedungwaru direncanakan berbentuk trapesium. Pemilihan ini didasarkan pada kemudahan dalam pelaksanaan dan efisiennya yang cukup tinggi dalam mengalirkan debit. Untuk lebar dasar sungai direncanakan dengan menambah lebar eksisting yang ada.

#### **4.2.3 Perencanaan tanggul**

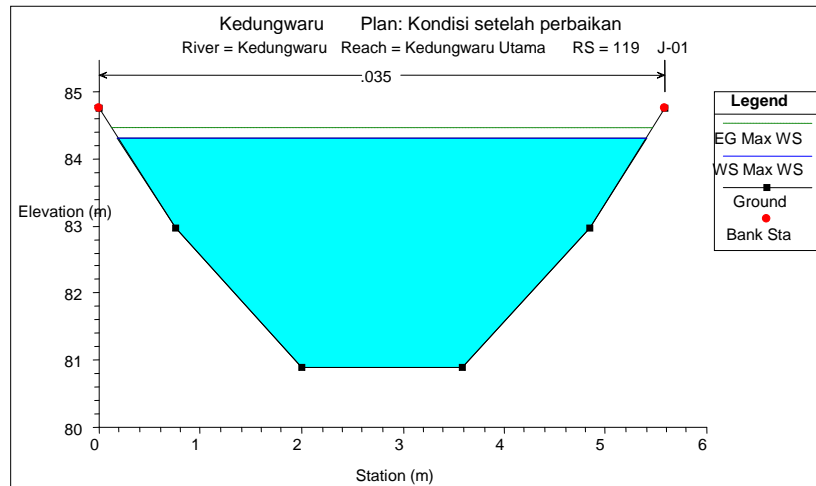
Untuk tinggi tanggul pada setiap cross section tidak sama disesuaikan dengan tinggi muka air banjir rencana Q 1 tahun. Untuk bahan tanggul bisa memanfaatkan bahan yang ada di sekitar daerah banjir, yaitu dari bahan tanah hasil galian.

#### **4.2.4. Tinggi Jagaan**

Untuk tinggi jagaan pada perencanaan normalisasi Kali Kedungwaru mulai dari hulu sampai hilir ini direncanakan 0,6 meter karena debit rencana pada Kali Kedungwaru kurang dari 200 m<sup>3</sup>/det (*Suyono Sosrodarsono dan Masateru Tomigana, 1994:89*)

#### **4.2.5. Analisa Profil Muka Air Pada Kondisi Setelah Perbaikan**

Cross section RS 119 yang semula pada kondisi eksisting yang sebagian besar penampangnya tidak dapat mengalirkan debit banjir Q 1 tahun sebesar 20,84 m<sup>3</sup>/det setelah dilakukan perbaikan kapasitas sungai atau normalisasi, terlihat bahwa kapasitas sungai sudah dapat menampung debit Q 1 tahun. Hal ini dapat dilihat pada gambar 4.4.



**Gambar 4.8.** Kondisi Sungai Kedungwaru RS 119 setelah perbaikan

### 4.3 Analisa Hidrolika dan Sedimentasi

Pengaruh debit banjir pada penampang sungai terhadap sedimentasi dengan program HEC-RAS dapat dilihat pada gambar 4.7 Dari gambar tersebut cross section RS 108 – RS 57 dengan kala ulang 1 tahun sudah tidak lagi mampu menampung luapan air yang disebabkan oleh endapan sedimen sehingga di sepanjang cross section tersebut perlu adanya pengerukan setiap 1 tahun sekali.

Agar dapat menghemat biaya dan waktu pelaksanaan, maka untuk perencanaan pengerukan di Sungai Kedungwaru ini direncanakan dengan periode ulang 5 tahun. Pada cross section tertentu yang semula tidak dapat menampung luapan air akan dilakukan analisa tampang baru yang semula periode pengaruh banjir di Sungai Kedungwaru terhadap sedimentasi hanya 1 tahun menjadi 5 tahun.

Setelah dilakukan analisa tampang baru terlihat bahwa pada croos section RS 108 – RS 57 sudah mampu menampung debit banjir selama 1 – 4 tahun dan memerlukan pengerukan 5 tahun sekali.

#### **4.4 Teori Sedimentasi**

Istilah sedimen berasal dari kata sedimentum, yang mempunyai pengertian yaitu material endapan yang terbentuk dari hasil proses pelapukan dan erosi dari suatu material batuan yang ada lebih dulu, kemudian diangkut secara gravitasi oleh media air, angin atau es serta diendapkan ditempat lain dibagian permukaan bumi. Umumnya bentuk awal dari endapan ini berupa kumpulan dari fragmen yang berukuran halus hingga kasar yang belum terkonsolidasi sempurna, disebut endapan, sedimen (sediments), superfical deposits. Kemudian akan berlangsung proses diagenesa yang meliputi proses fisik : kompaksi, proses kimia antara lain : sedimentasi, autigenik, rekristalisasi, inversi, penggantian, dan disolusi, proses biologi. Proses diagenesa ini berjalan selama waktu geologi, sehingga mentebakkan material terkonsolidasi sempurna dengan bentuk fisik masif dan padat. Hal ini akan menghasilkan salah satu jenis batuan dialam, yaitu yang disebut dengan batuan sedimen.

Sebagian besar material penyusun komposisi batuan sedimen berasal dari proses pelapukan dan erosi dari batuan yang tertua, atau batuan yang terbentuk lebih dahulu. Dari studi sedimen masa kini hingga terbentuk batuan sedimen, maka dapat diketahui lingkungan pengendapannya yang meliputi :

- darat atau terrestrial
- laut
- lingkungan campuran merupakan lingkungan peralihan dari darat hingga laut, misal lingkungan delta, estuari laut, dan perairan pantai yang dipengaruhi pasang surut.

Dari lingkungan pengendapan batuan sedimen tersebut maka dapat dikenal tiga material penyusun batuan sedimen :

- fragmen yang berasal dari batuan yang diangkut dari tempat asalnya oleh air, angin atau glasial, fragmen ini disebut material klastik atau pecahan
- material yang berasal dari larutan garam, yang disebut material kimia
- material yang berasal dari tumbuh – tumbuhan dan hewan, yang disebut material organik

#### **4.4.1 Batuan sedimen Klastik**

Terbentuknya dari pengendapan kembali denritus atau perencanaan batuan asal. Batuan asal dapat berupa batuan beku, batuan sedimen dan batuan metamorf. Dalam pembentukan batuan sedimen klastik ini mengalami diagenesa yaitu perubahan yang berlangsung pada temperatur rendah di dalam suatu sedimen selama dan sesudah litifikasi.

Tersusun oleh klastika-klastika yang terjadi karena proses pengendapan secara mekanis dan banyak dijumpai *allogenic minerals*. *Allogenic minerals* adalah mineral yang tidak terbentuk pada lingkungan sedimentasi atau pada saat sedimentasi terjadi. Mineral ini berasal dari batuan asal yang telah mengalami transportasi dan kemudian



terendapkan pada lingkungan sedimentasi. Pada umumnya berupa mineral yang mempunyai resistensi tinggi.

#### **4.4.2 Proses Pembentukan Batuan Sedimen**

Batuan sedimen terbentuk dari batuan-batuan yang telah ada sebelumnya oleh kekuatan-kekuatan yaitu pelapukan, gaya-gaya air, pengikisan-pengikisan angin, serta proses litifikasi, diagenesis, dan transportasi, maka batuan ini terendapkan di tempat-tempat yang relatif lebih rendah letaknya, misalnya: di laut, samudera, ataupun danau-danau. Mula-mula sedimen merupakan batuan-batuan lunak, akan tetapi karena proses diagenesis sehingga batuan-batuan lunak tadi akan menjadi keras.

Proses diagenesis adalah proses yang menyebabkan perubahan pada sedimen selama terpendapkan dan terlitifikasikan, sedangkan litifikasi adalah proses perubahan material sedimen menjadi batuan sedimen yang kompak.

Berbagai penggolongan dan penamaan batuan sedimen dan penamaan batuan sedimen telah ditemukan oleh para ahli, baik berdasarkan genetika maupun deskriptif.

#### **4.4.3 Pembagian Batuan Sedimen**

##### **4.4.3.1 Material Klastik**

Proses pengendapan dari material klastik akan menghasilkan tipe batuan sedimen klastik seperti batulempung, batulanau, batupasir, konglomerat dan breksi. Perbedaan utama dari material batuan sedimen, yaitu ukuran butir atau fragmen penyusun batuan

#### **4.4.3.2 Material Kimia**

Umumnya berupa larutan garam yang meliputi kalsium karbonat, natriumklorida dan senyawa dari berbagai unsur diantaranya magnesium, kalsium, besi dan aluminium. Larutan ini mempunyai tingkat kelarutan didalam air sungai dan air laut

#### **4.4.3.3 Tekstur**

Tekstur batuan sedimen adalah segala kenampakan yang menyangkut butir sedimen seperti ukuran butir, bentuk butir dan orientasi. Tekstur batuan sedimen mempunyai arti penting karena mencerminkan proses yang telah dialami batuan tersebut terutama proses transportasi dan pengendapannya, tekstur juga dapat digunakan untuk menginterpretasi lingkungan pengendapan batuan sediment. Secara umum batuan sedimen dibedakan menjadi dua, yaitu tekstur klastik dan non klastik.

##### **a) Tekstur klastik**

Unsur dari tekstur klastik fragmen, massa dasar (matrik) dan semen.

- Fragmen : Batuan yang ukurannya lebih besar dari pada pasir.
- Matrik : Butiran yang berukuran lebih kecil daripada fragmen dan diendapkan bersama-sama dengan fragmen.
- Semen : Material halus yang menjadi pengikat, semen diendapkan setelah fragmen dan matrik. Semen umumnya berupa silika, kalsit, sulfat atau oksida besi.

##### **- Bentuk Butir**

Tingkat kebundaran butir dipengaruhi oleh komposisi butir, ukuran butir, jenis proses transportasi dan jarak transport. Butiran dari mineral yang resisten seperti kuarsa dan zircon akan berbentuk kurang bundar dibandingkan butiran dari mineral kurang resisten seperti feldspar dan pyroxene. Butiran berukuran lebih besar daripada yang berukuran pasir. Jarak transport akan mempengaruhi tingkat kebundaran butir dari jenis butir yang sama, makin jauh jarak transport butiran akan makin bundar.

Pembagian kebundaran :

- a) *Well rounded* (membundar baik)

Semua permukaan konveks, hampir equidimensional, sferoidal.

- b) *Rounded* (membundar)

Pada umumnya permukaan-permukaan bundar, ujung-ujung dan tepi butiran bundar.

- c) *Subrounded* (membundar tanggung)

Permukaan umumnya datar dengan ujung-ujung yang membundar.

- d) *Subangular* (menyudut tanggung)

Permukaan pada umumnya datar dengan ujung-ujung tajam.

- e) *Angular* (menyudut)

Permukaan konkaf dengan ujungnya yang tajam.

- Sortasi (Pemilahan)

Pemilahan adalah keseragaman dari ukuran besar butir penyusun batuan sedimen, artinya bila semakin seragam ukurannya dan besar butirnya maka, pemilahan semakin baik.

Pemilahan yaitu keseragaman butir didalam batuan sedimen klastik. Beberapa istilah yang biasa dipergunakan dalam pemilahan batuan, yaitu :

- Sortasi baik : bila besar butir merata atau sama besar.
- Sortasi buruk : bila besar butir tidak merata, terdapat matrik dan fragmen.

- Kemas (*Fabric*)

Didalam batuan sedimen klastik dikenal dua macam kemas, yaitu :

Kemas terbuka : bila butiran tidak saling bersentuhan (mengambang dalam matriks).

Kemas tertutup : butiran saling bersentuhan satu sama lain.

#### **4.4.3.4 Struktur**

Struktur sedimen merupakan suatu kelainan dari perlapisan normal batuan sedimen yang diakibatkan oleh proses pengendapan dan energi pembentuknya. Pembentukannya dapat terjadi pada waktu pengendapan maupun segera setelah proses pengendapan.

Pada batuan sedimen dikenal dua macam struktur, yaitu :

- Syngenetik : terbentuk bersamaan dengan terjadinya batuan sedimen, disebut juga sebagai struktur primer.
- Epigenetik : terbentuk setelah batuan tersebut terbentuk seperti kekar, sesar, dan lipatan.

#### **4.4.4 Klasifikasi dan Karakteristik Batuan Sedimen**

Klasifikasi batuan sedimen sesuai kebutuhan dalam bidang rekayasa, planologi maupun minyak dan gas bumi, terutama yang berhubungan dengan batuan induk, migrasi dan tipe batuan reservoir. Beberapa tipe batuan sedimen sebagai berikut :

##### **1. Breksi (Breccia)**

Komposisi atau material penyusun breksi berupa fragmen batuan dengan bentuk sangat meruncing – meruncing, ukuran umumnya kasar berkisar dari kerakal hingga berangkal, sering diantara fragmen ini dijumpai ukuran yang lebih kecil yang disebut matrik. Dari fragmen yang meruncing, dapat ditafsirkan bahwa breksi ini diendapkan dekat dengan sumbernya, sehingga tidak terpengaruh secara fisik oleh jarak transportasi, hingga mencapai cekungan sedimen. Ukuran material penyusun breksi lebih besar dari 2 mm.

##### **2. Konglomerat (Conglomerate)**

Terbentuk dari beberapa fragmen batuan dan matrik, bentuk umumnya membundar – sangat membundar yang terikat bersama oleh material semen yang berukuran lebih halus seperti serpih atau lempung. Ukuran material penyusun konglomert ini lebih besar dari 2 mm.

##### **3. Batu Pasir**

Merupakan hasil sementasi dari massa yang berukuran pasir, massa pasir ini umumnya adalah mineral silika, felspar atau pasir karbonat, sedang material pengikat

atau semen berupa besi oksida, silika, lempung atau kalsium karbonat. Ukuran butir mineral penyusun mulai dari yang berukuran pasir halus sampai dengan pasir kasar (0,06 mm – 2,0 mm).

#### 4. Batulanau (Siltstone)

Tipe batuan sedimen yang terusun oleh material yang berukuran relatif halus berkisar dari 0,002 mm – 0,06 mm dengan komposisi utama adalah mineral lempung.

#### 5. Serpih (Shale)

Tipe batuan sedimen menunjukkan suatu lapisan yang kompak, padat dari material lempung atau lumpur (mud), ukuran butir sangat halus, lebih kecil dari 0,003 mm, menunjukkan struktur internal yang khas yaitu laminasi, dengan tebal kurang dari 1 cm.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 KESIMPULAN**

Dari hasil pengamatan dan analisa yang telah dipelajari, baik dari studi lapangan maupun studi literatur maka penulis mengemukakan beberapa kesimpulan, antara lain :

1. Debit banjir rencana yang digunakan dalam studi ini adalah debit banjir dengan periode ulang 1 tahun dengan besar  $QJ1 = 20,84 \text{ m}^3/\text{det}$ ,  $QJ2 = 18,81 \text{ m}^3/\text{det}$ ,  $QJ3 = 17,24 \text{ m}^3/\text{det}$ .
2. Dari hasil analisa profil muka air dengan menggunakan program HEC – RAS didapatkan hasil bahwa dengan debit rencana  $Q$  1 tahun terdapat banjir pada ruas  $QJ1$  meliputi RS 119 – RS 54,  $QJ2$  meliputi RS 3 – RS 9.
3. Setelah di lakukakan perbaikan pada ruas- ruas yang terjadi banjir, maka penampang sungai yang semula tidak dapat menampung debit banjir kini sudah dapat menampung debit banjir kembali
4. Dari hasil analisa sedimen, Sungai Kedungwaru direncanakan melakukan pengerukan 5 tahun sekali.

## 5.2 SARAN

Pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati penulis ingin menyampaikan beberapa saran, yaitu :

1. Agar alternatif pengendalian banjir ini bisa terlaksana dan berfungsi sesuai yang diharapkan, maka perlu adanya kesadaran dari masyarakat untuk ikut menjaga kondisi lingkungan sekitarnya agar tetap terpelihara dengan baik.
2. Melakukan konservasi lahan dan Check DAM di Kali Kedungwaru untuk mengurangi sedimentasi sungai.

Dari beberapa uraian di atas, maka lebih baik jika diupayakan untuk mengurangi atau meminimalkan timbulnya dampak negatif dan mengembangkan dampak positif yang ada.



## DAFTAR PUSTAKA

Asdak, Chay, *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press : Yogyakarta, 2007.

Bols 1978 *Pengukuran Tingkat Bahaya Erosi Sub-Das* by ( Bols 1978 )

Harjadi, B., *Bermula Erosi, Rusaknya Alam Sedimentasi*. Balai Penelitian Kehutanan, Solo, 1993, diakses tanggal 11 Maret 2010

Imam Subarkah, 1980, *Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air*, Idea Dharma, Bandung.

Soewarno, 1991, *Hidrologi Pengukuran dan Pengolahan Data Aliran Sungai (Hidrometri)*, Nova, Bandung.

Sri Harto, 1993, *Analisis Hidrologi*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Suyono Sosrodarsono, Ir, Dr, dan Masateru Tominaga, Dr, 1984, *Perbaikan dan Pengaturan Sungai*, PT Pradnya Paramita, Jakarta

Soemarto CD, Ir, B.I.E, Dipl. H, 1986, **Hidrologi Teknik**, Usaha Nasional Surabaya, Indonesia.

Us army Corps of Engineering, (HEC), 2001, **HEC-RAS River Analysis System Hydraulic Reference Manual**, USA.

Us army Corps of Engineering, (HEC), 2001, **HEC-RAS River Analysis System User's Manual**, USA.

Ven Te Chow, Ph, D, 1997, **Hidrolika Saluran Terbuka (Open Channel Hydraulic)**, Erlangga, Jakarta.

## **LEMBAR PERSEMBAHAN**

Saya panjatkan puja dan puji syukur kehadiran Allah SWT serta kekasih-Nya Nabi Muhammad SAW yang telah memberikan Rahmat, Taufik serta Hidayah-Nya sehingga saya sebagai penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini dengan segala kekurangan ketidak-sempurnaan. Hanya dengan pertolongan-Nya semata saya dapat menyelesaikan dan menyusun laporan skripsi ini hingga selesai.

Karya yang amat sangat sederhana dan jauh dari kata sempurna ini saya persembahkan untuk seluruh umat manusia yang mungkin bisa bermanfaat dan tentunya di bawah Kuasa Allah SWT.

Tak lupa ucapan terimakasih kepada bapak ibu dosen yang telah banyak membantu dan membimbing skripsi ini:

**Bapak Dr. Ir. Kustamar, MT.**

**Bapak Ir, A. Agus Santosa, MT.**

**Ibu Lila Ayu Ratna Winanda, ST. MT.**

**Ibu Erni Yulianti, ST. MT.**

**Bapak Ir. H. Hirijanto, MT.**

**Bapak Ir. Endro Yuwono, MT.**

**Bapak Andi**

Bapak Ibu dosen lainnya yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Saya hanya bisa berucap terimakasih yang sebesar besarnya, semoga Allah yang membalas kebaikan beliau-beliau yang tak ternilai dengan apapun.

***Dan khusus untuk keluarga yang saya cintai, Bapak yang selalu mengajarkan saya untuk menjadi Pria yang tangguh dan Ibu yang selalu jadi malaikat terhebat, tidak ada yang bisa menggantikan beliau berdua entah canda tawa, bahagia, maupun air mata. Adek dan Kakak yang membuat keluarga menjadi sangat sempurna.***

Terimakasih juga untuk teman-teman seperjuangan yang hebat: Catem, Angga, Irfan, Bima, Epris, Rony, Ndoweh, Samin, Dito, Pras. Dan seluruh angkatan **2009**, kita semua **adalah bom waktu**.

Terimakasih untuk sahabatku yang setia menemani selama 2 tahun di rumah kontrakan **Mbetek Las Vegas**: Mat, Iwud, Jarwo, Puspo, Dito, Srix, BM, Baul, Katam, Cecep, Ryan, kalian teman hidup selama **2 tahun yang hebat** dan **teman ngopi** terhebat sepanjang masa.

Terimakasih untuk nawak njagong **Djinkgochenk** : Tian, Kabol, Rombeng DISHUB, Ade, Dio, Lutfi raja trading, Hanip, Tile dll...

Terima kasih kepada yang sudah berlalu, tapi tentu saya lebih menghargai masa sekarang yang sedang berjalan dengan penuh rasa bahagia meskipun jawaban yang masih disimpan Tuhan, dan saya percaya yang kelak akan di anugerahkan di saat yang tepat.

Terimakasih untuk **warkop-warkop** yang selalu ada dalam kondisi apapun dan menemani berjuang waktu kuliah.

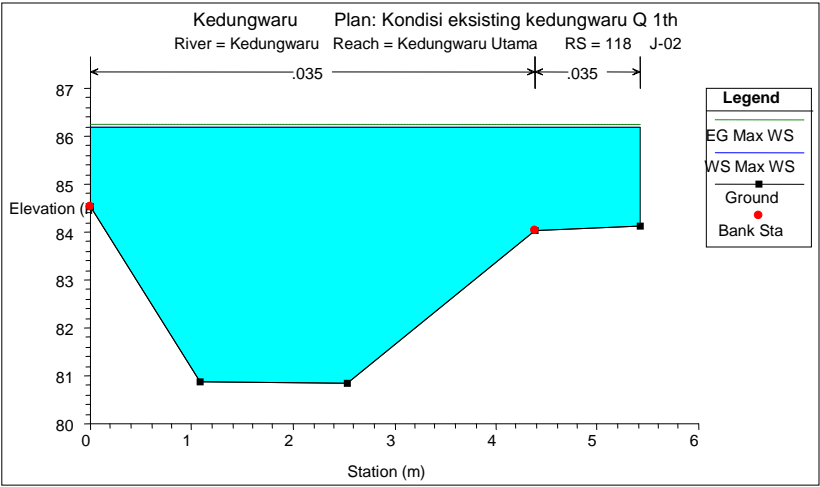
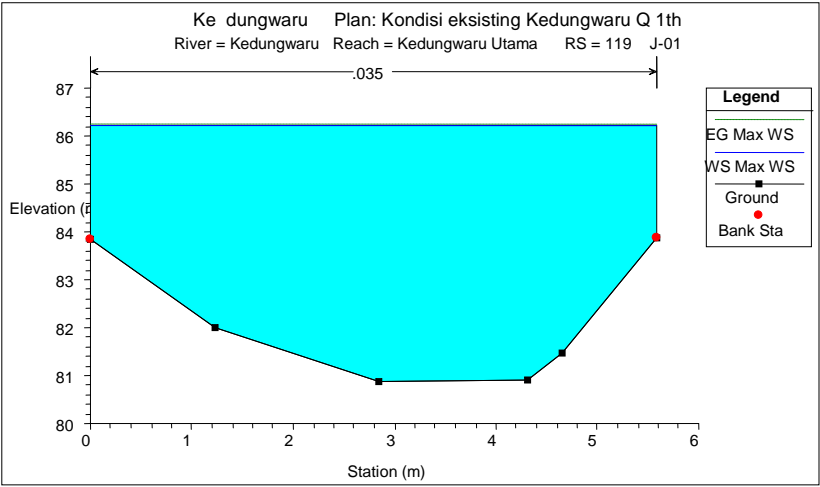
Apa yang terjadi takkan bisa terulang, apa yang di perjuangkan tidak akan mengkhianati, apa yang di cari pasti sama menanti, apa yang di lewati adalah ilustrasi dari sebuah proses tentang **kebesaran hati**.

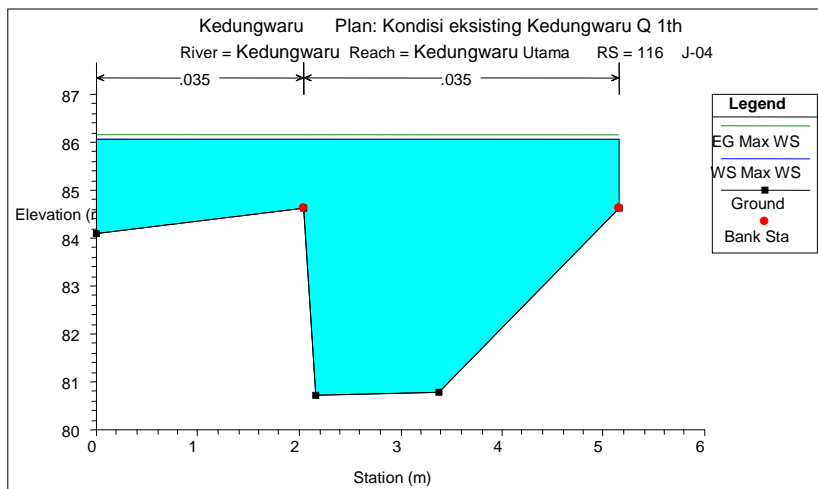
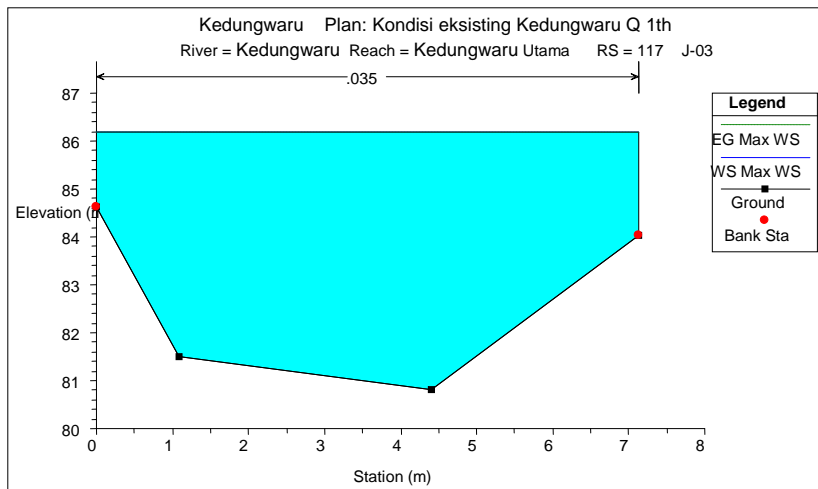
Terimakasih untuk **Semuanya**. Sekali lagi terimakasih semuanya... **God Bless all...**

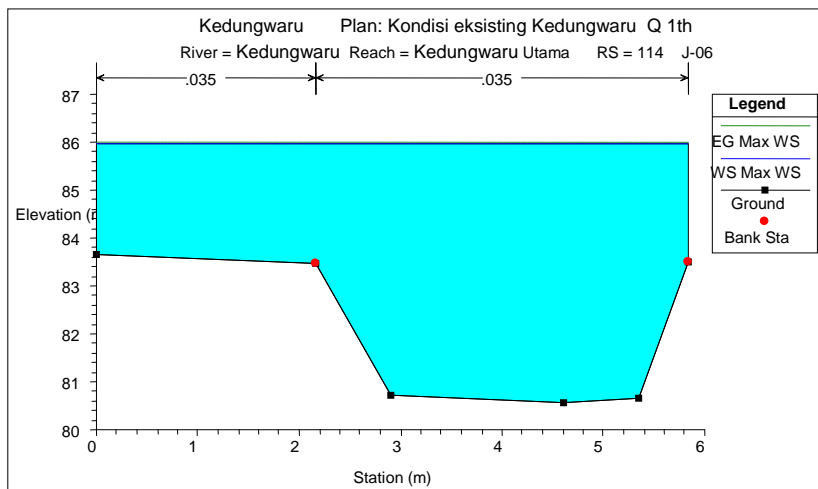
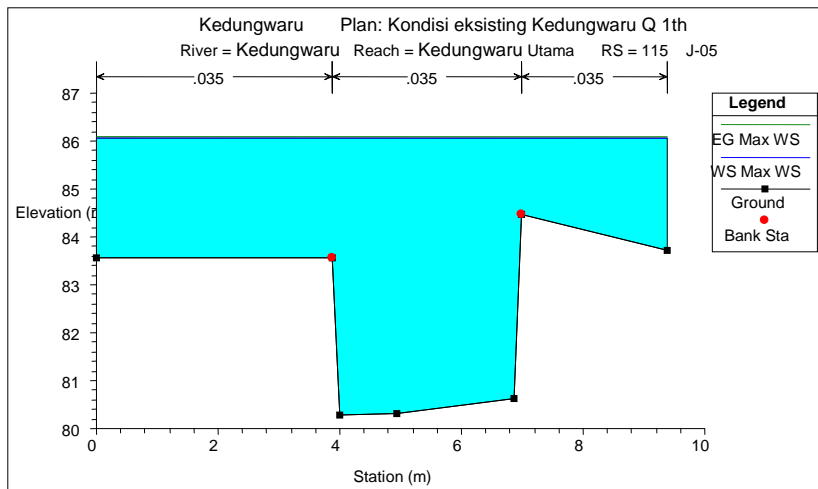
Ramadhani Helmy Fahriza

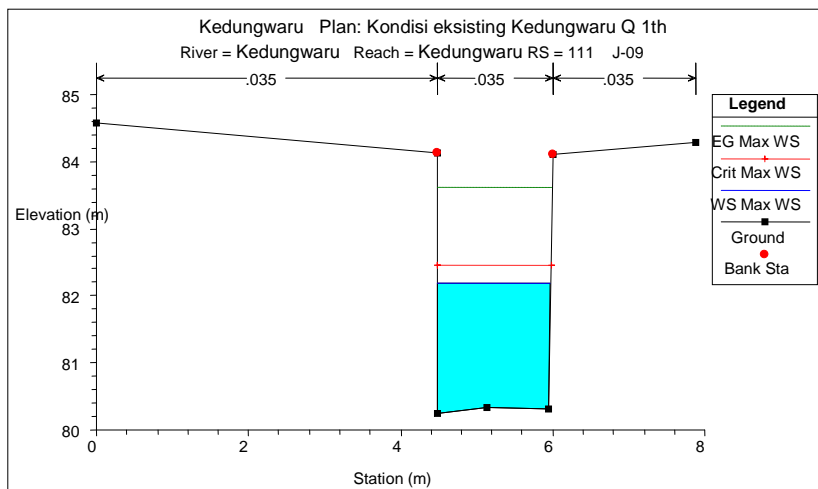
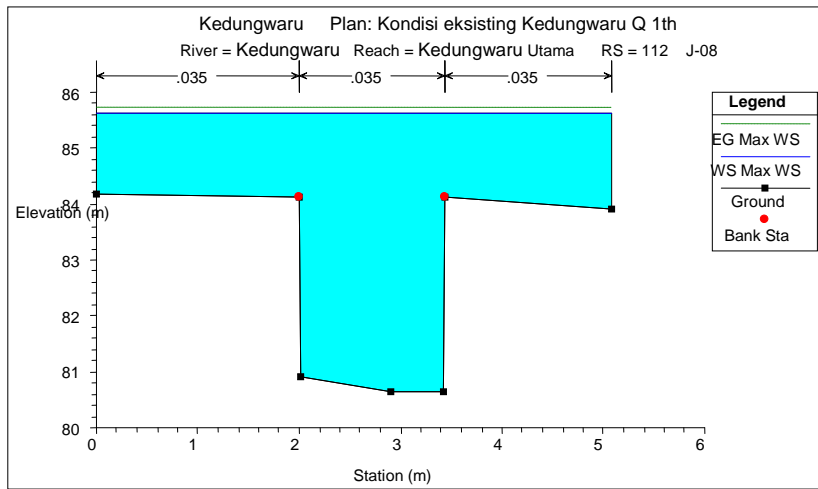
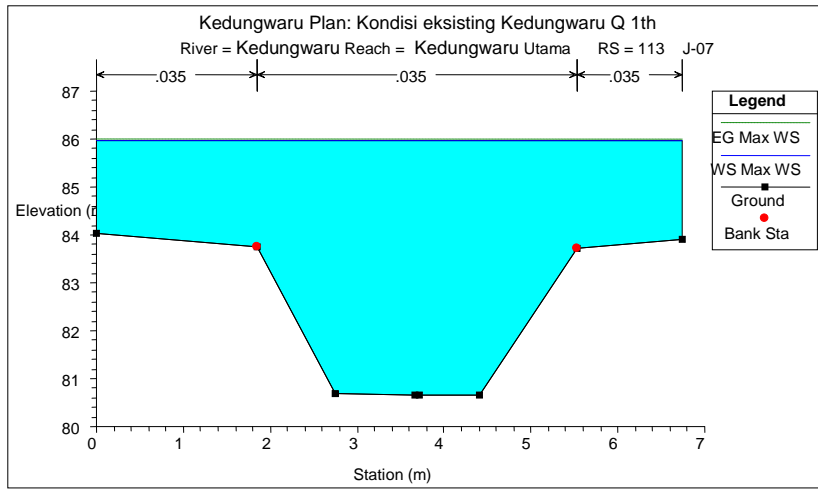
Coffee Better Than Morphine

PLAN KONDISI EKSISTING SUNGAI KEDUNGWARU Q 1 TAHUN

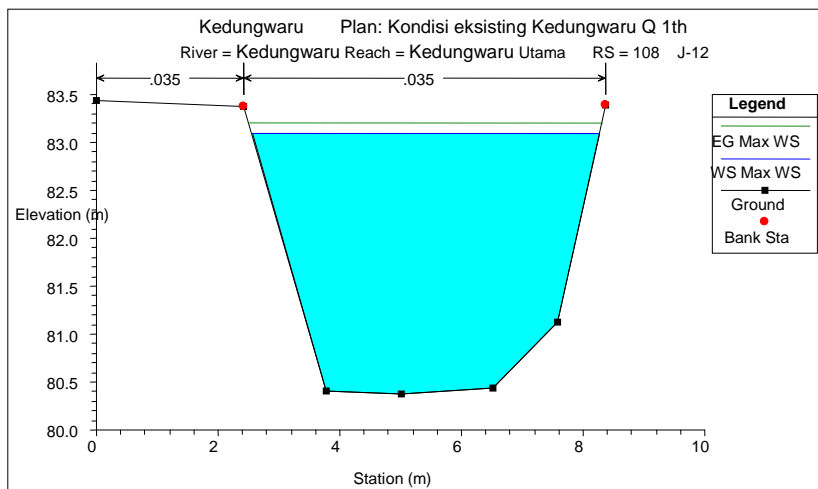
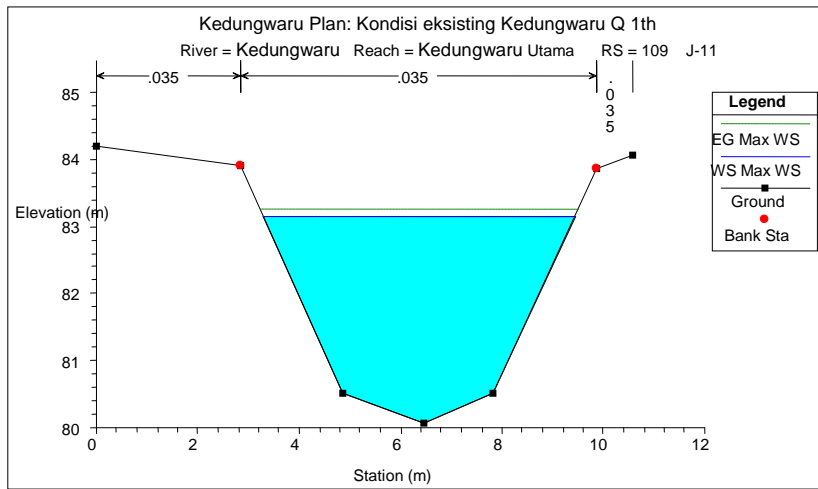
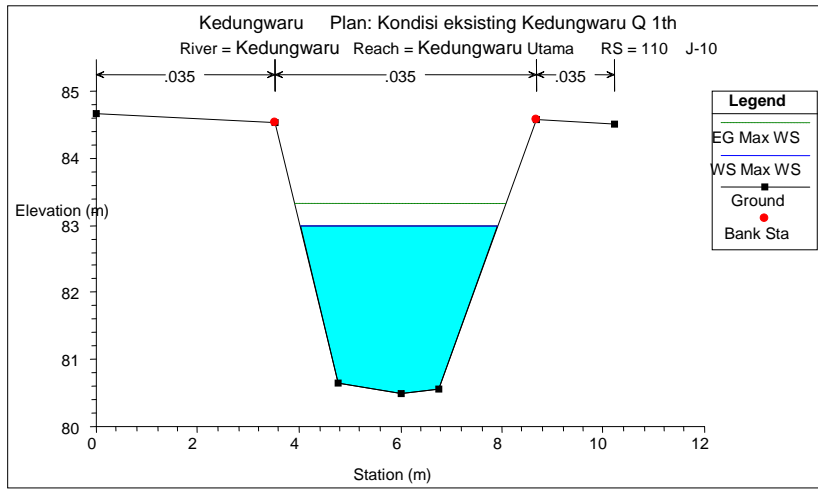


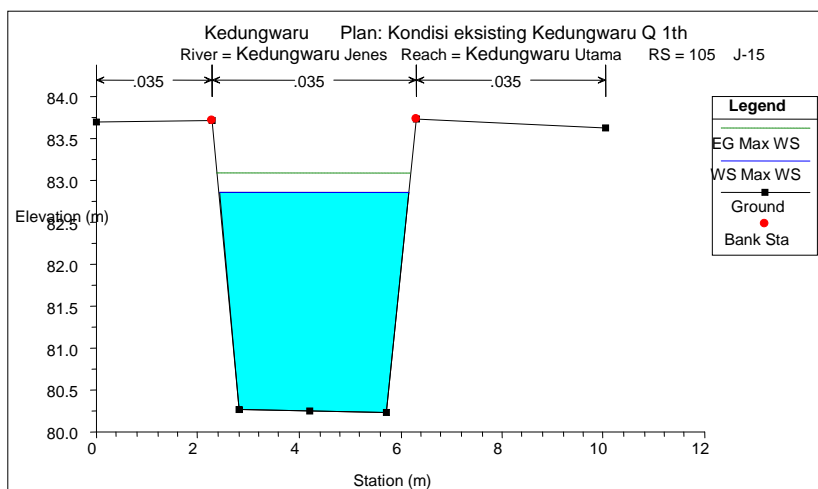
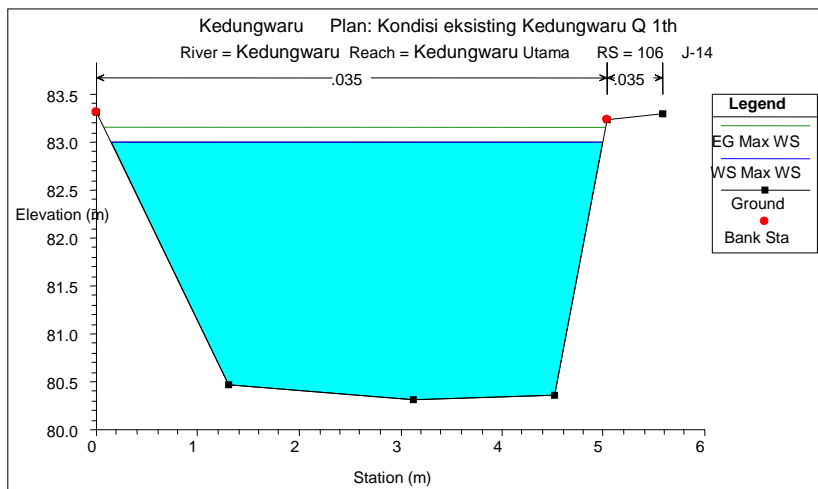
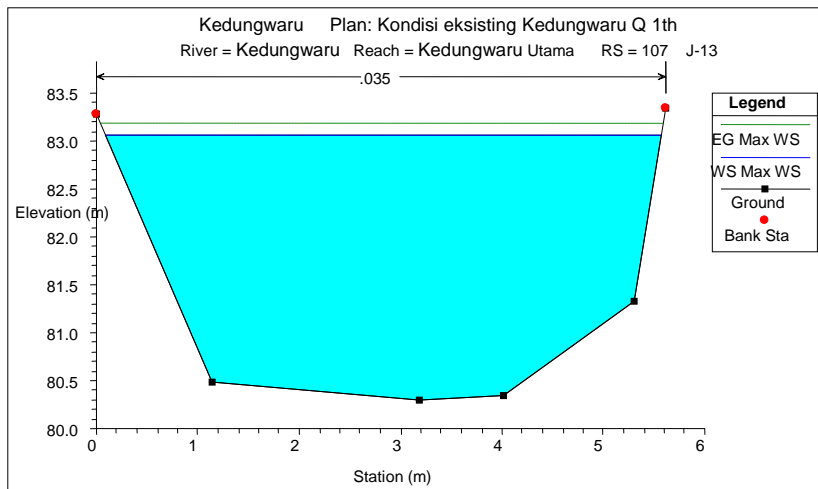




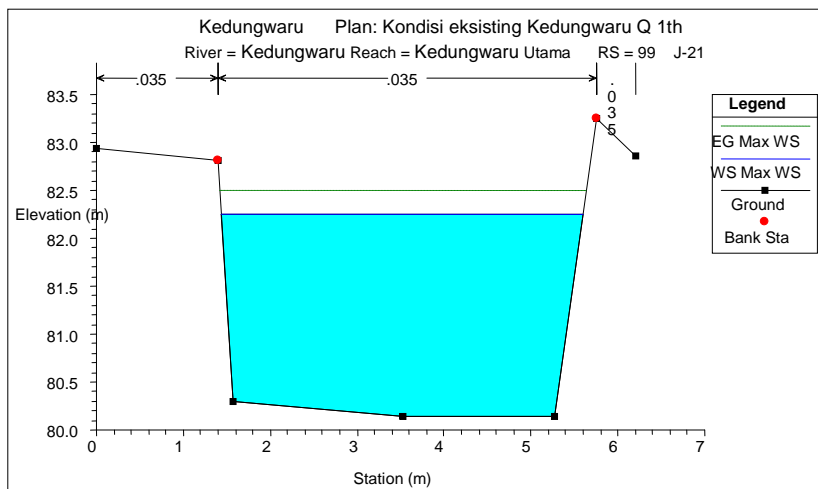
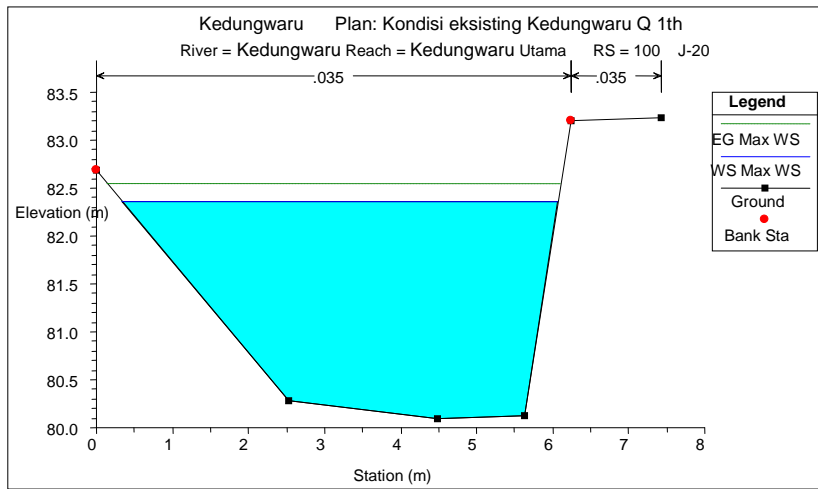
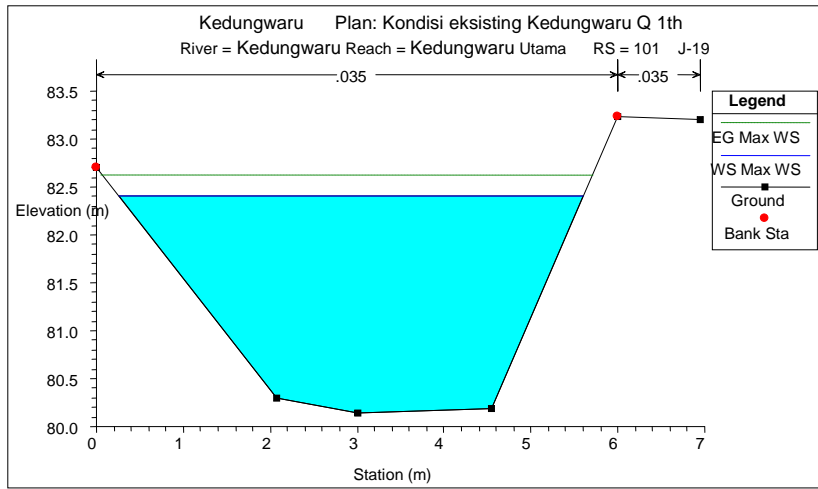


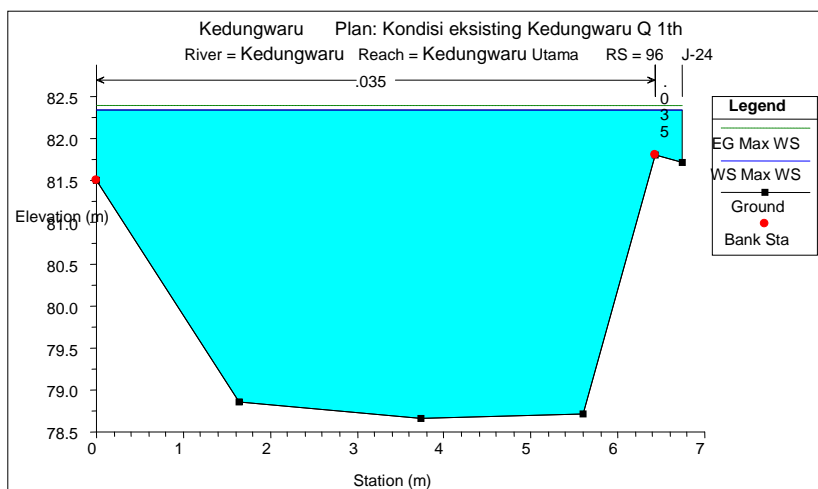
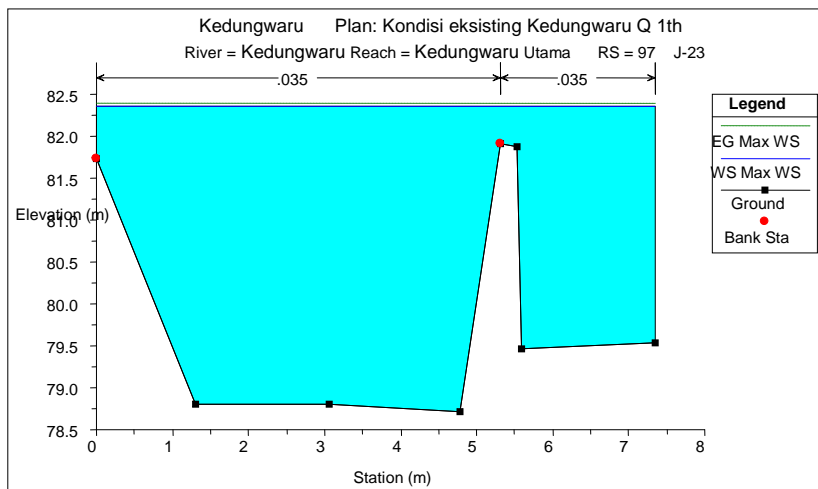
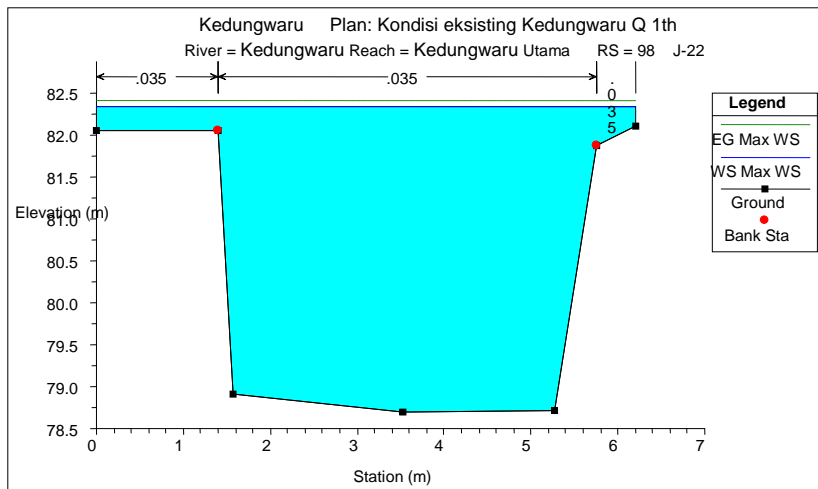


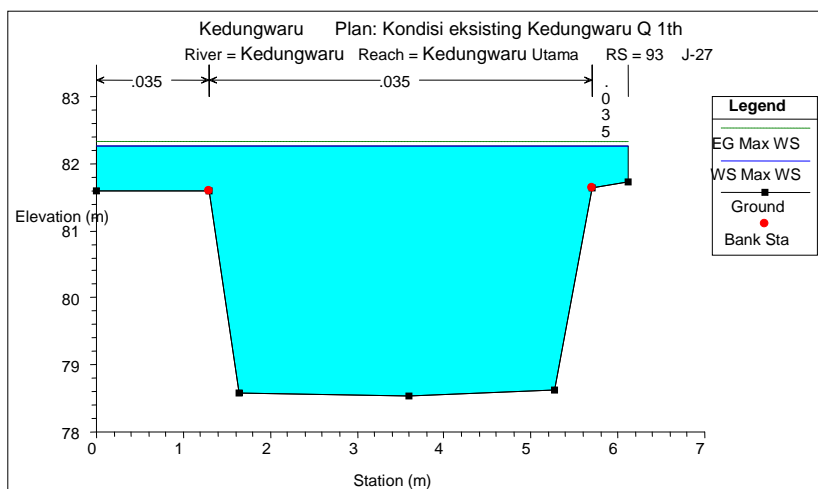
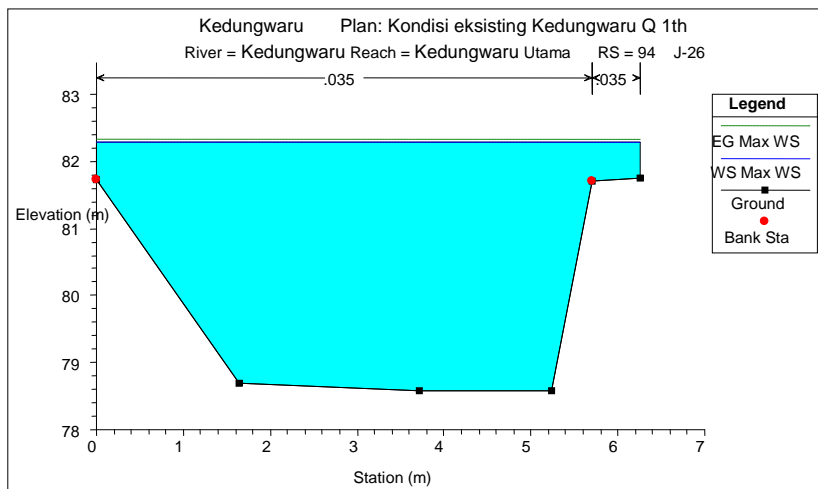
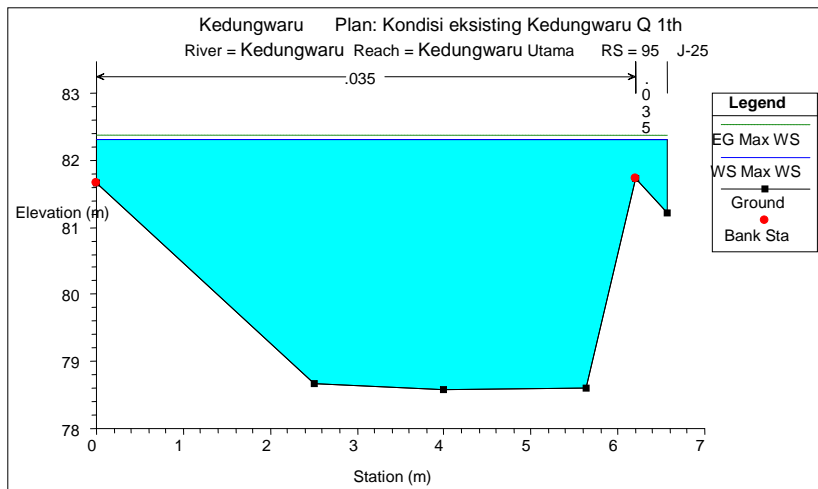


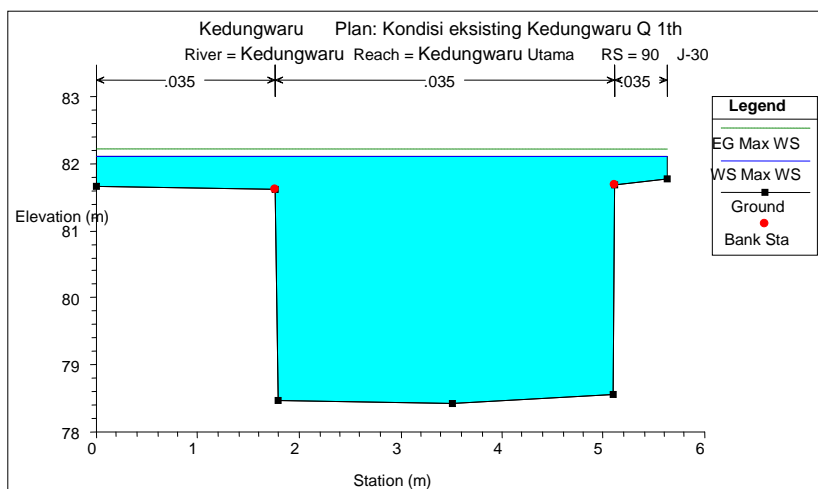
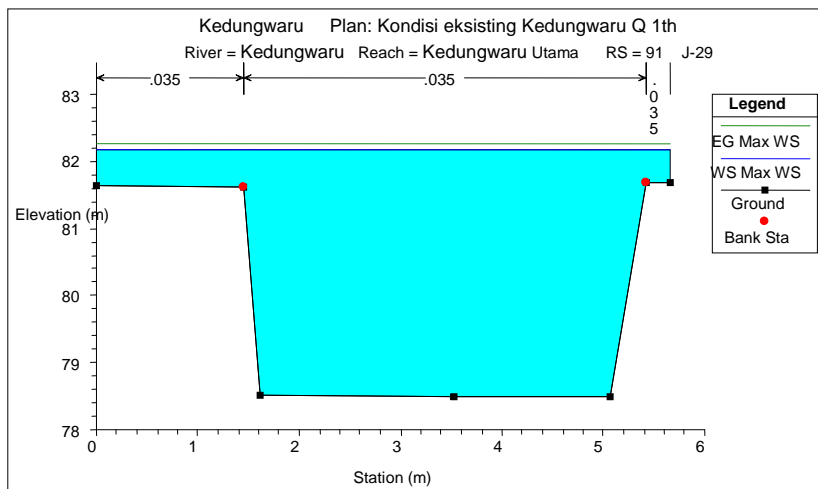
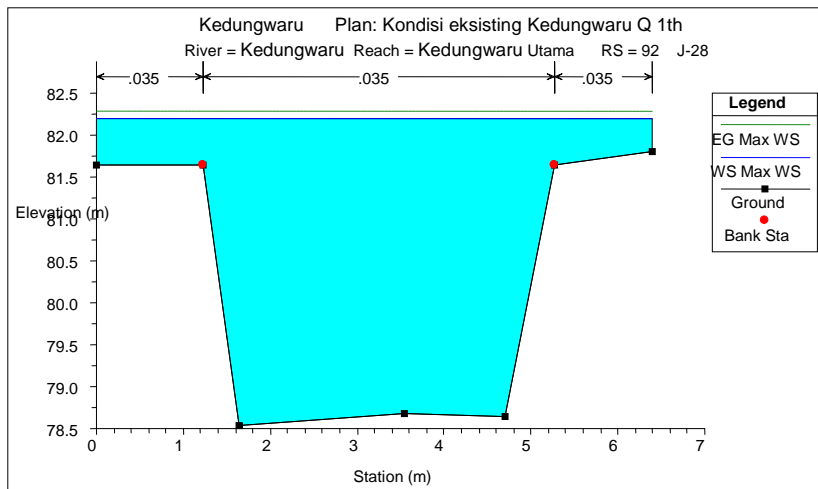


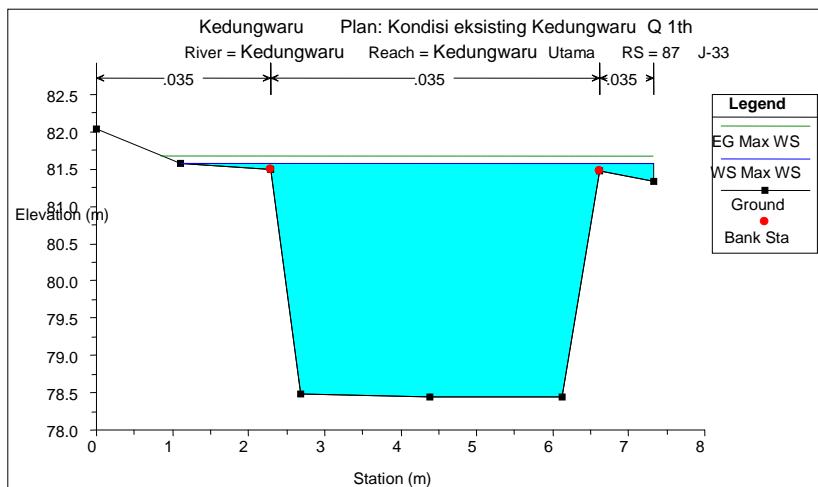
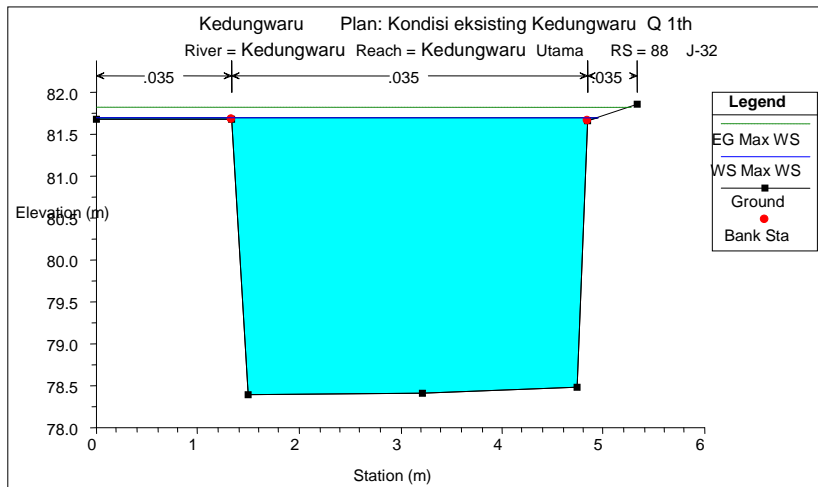
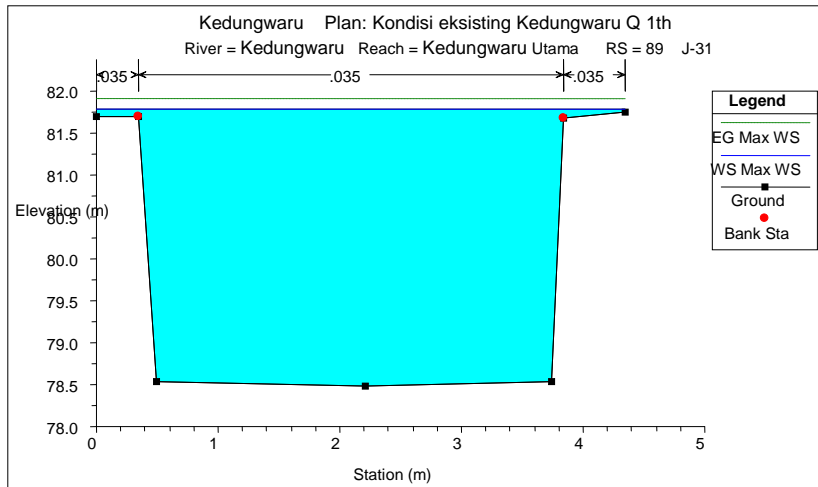




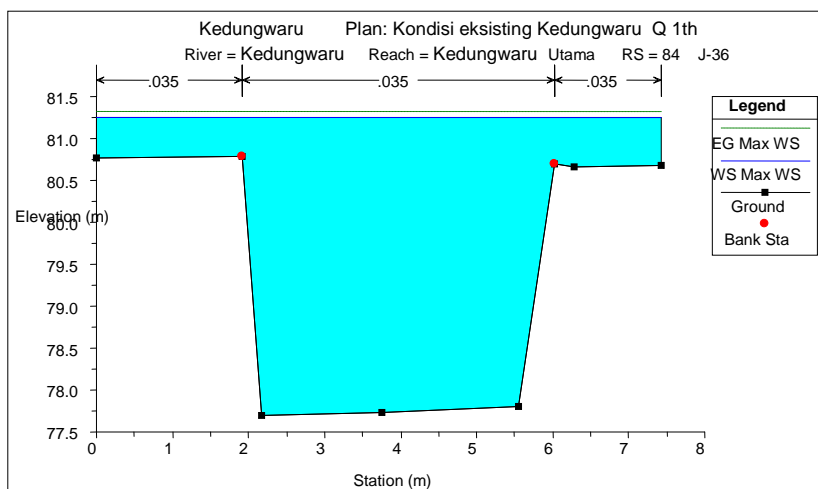
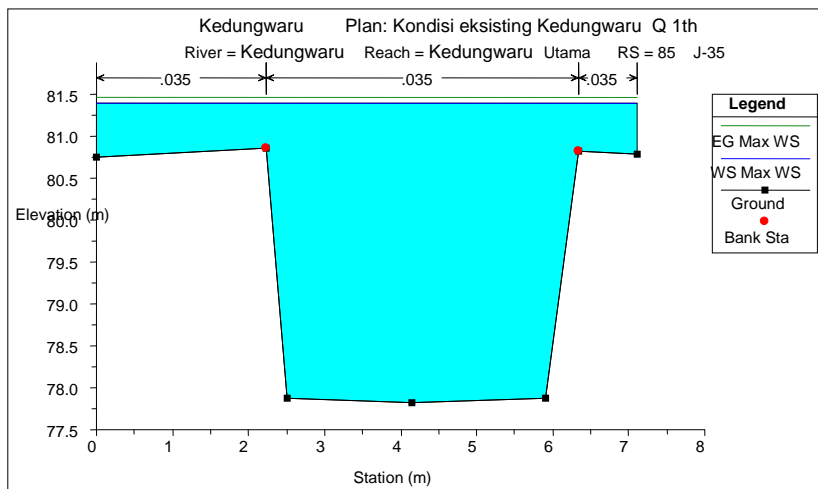
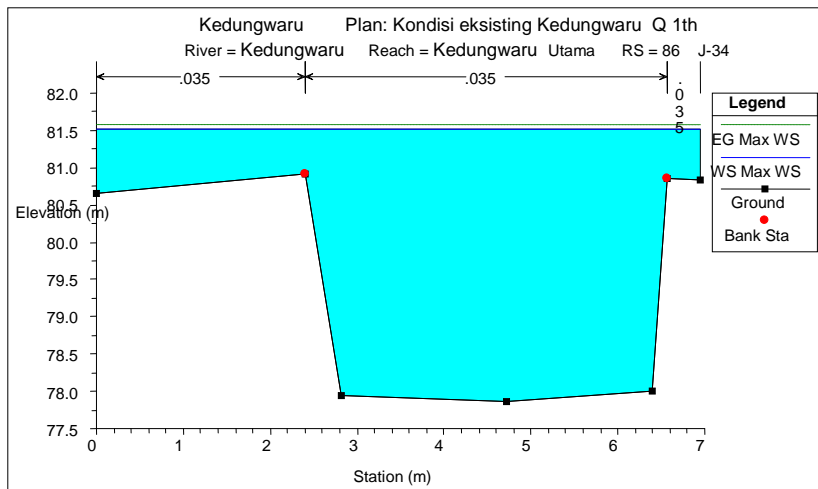


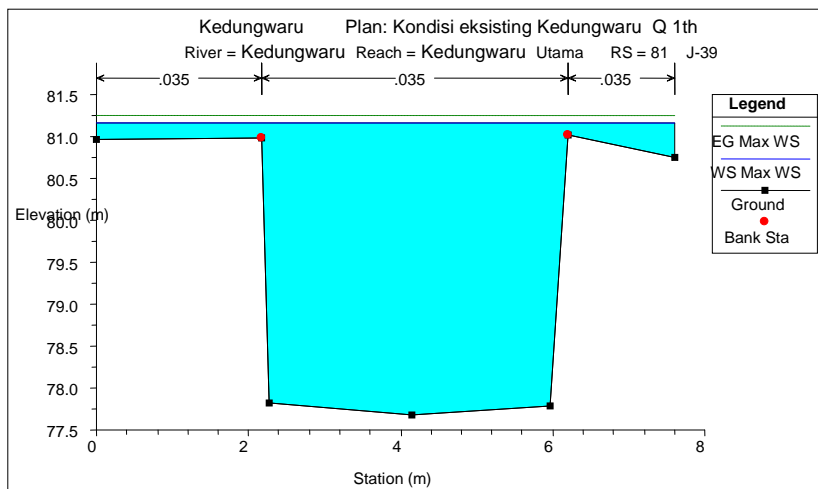
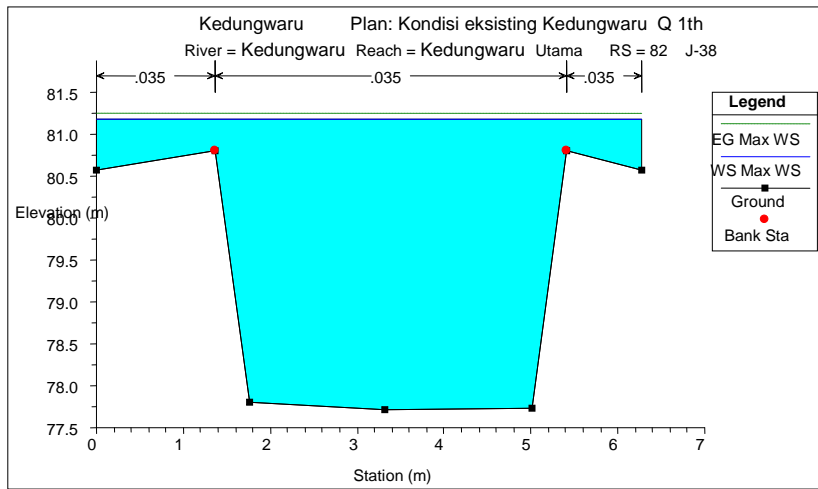
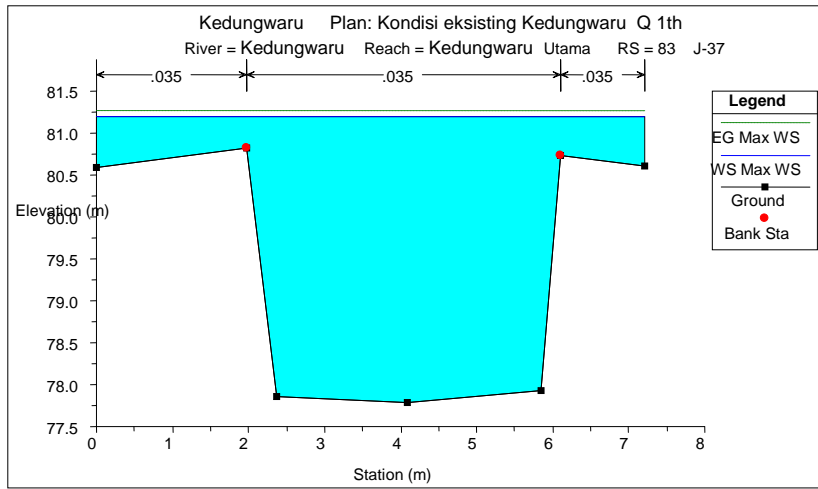


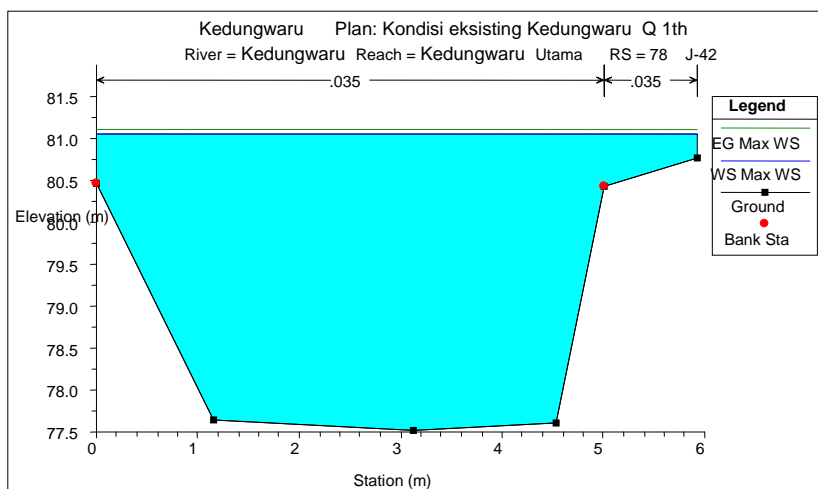
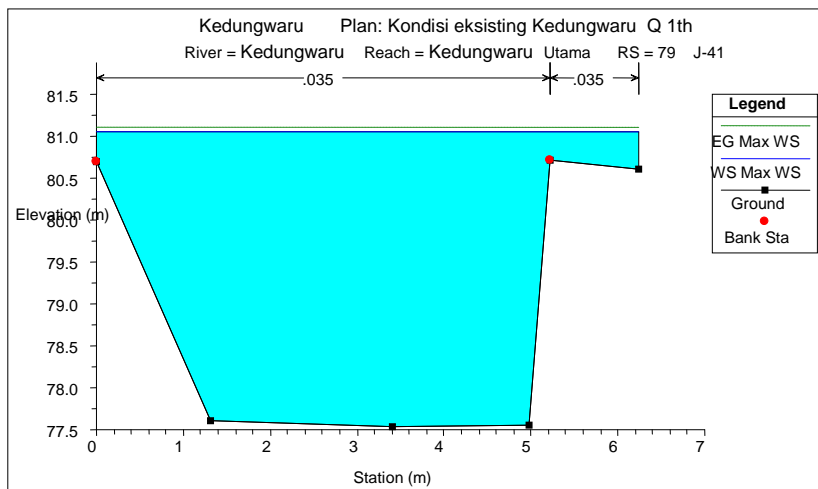
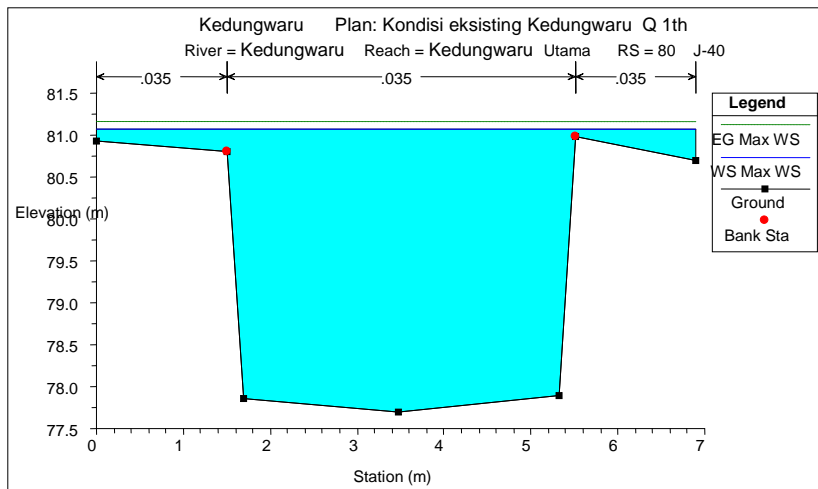


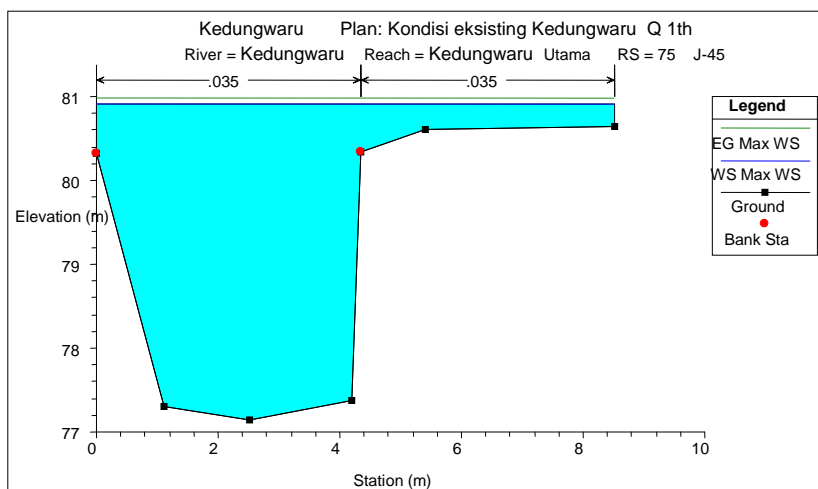
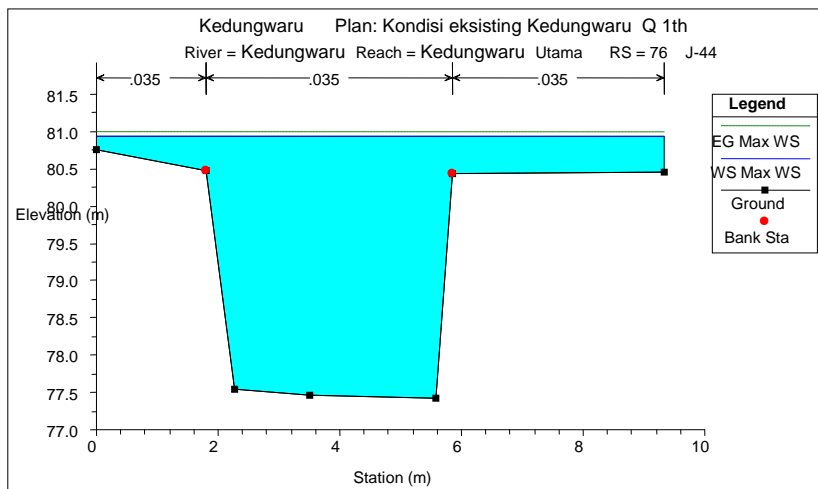
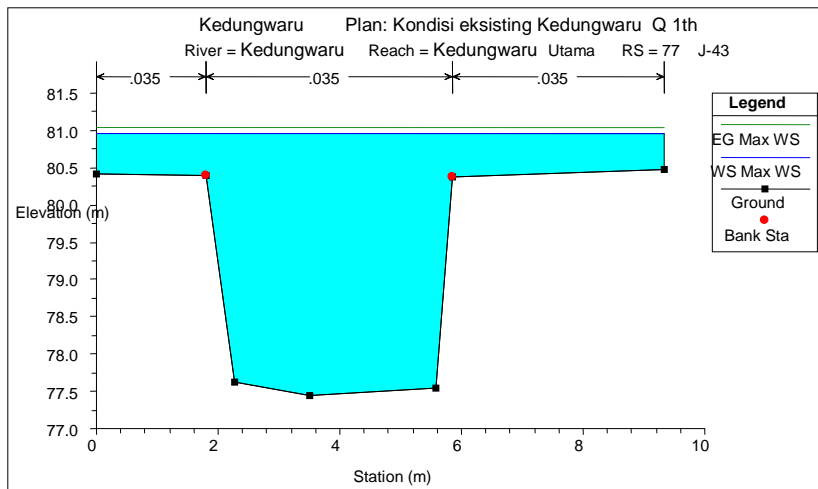


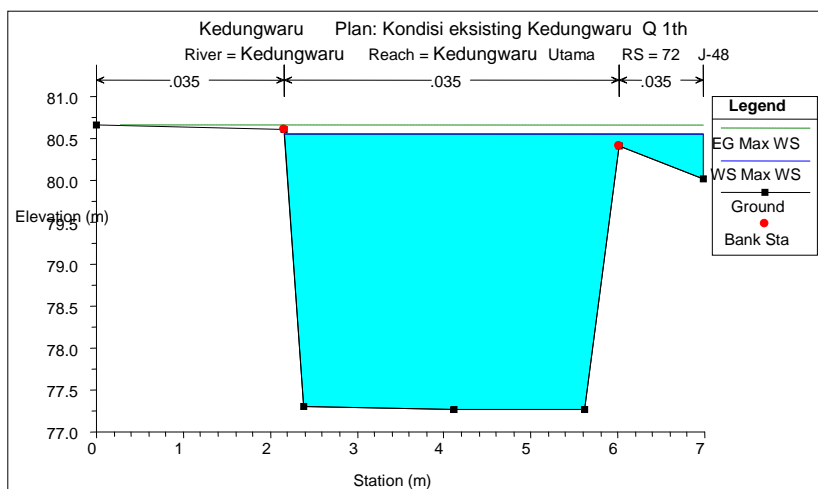
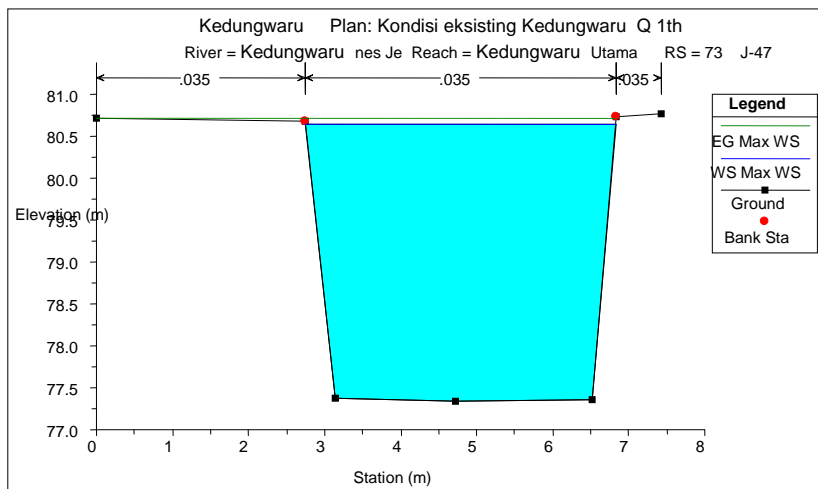
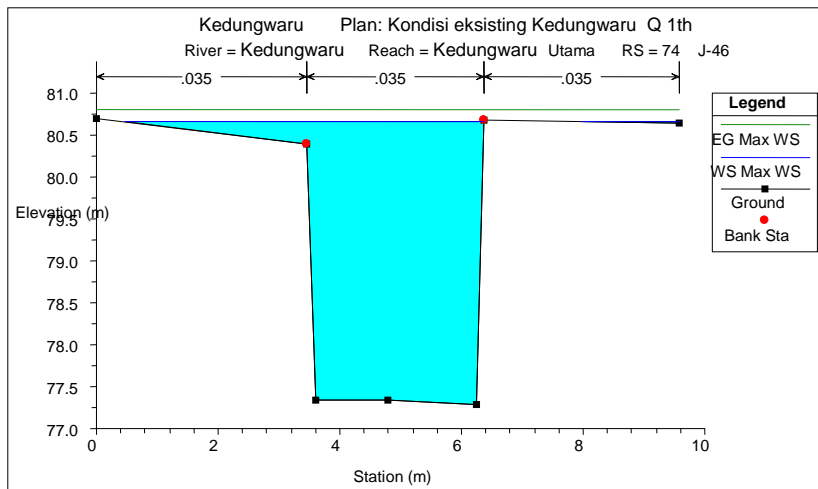


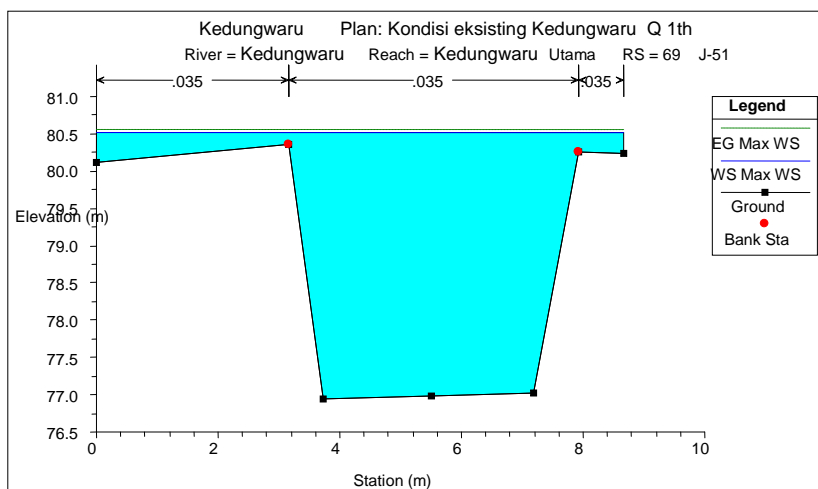
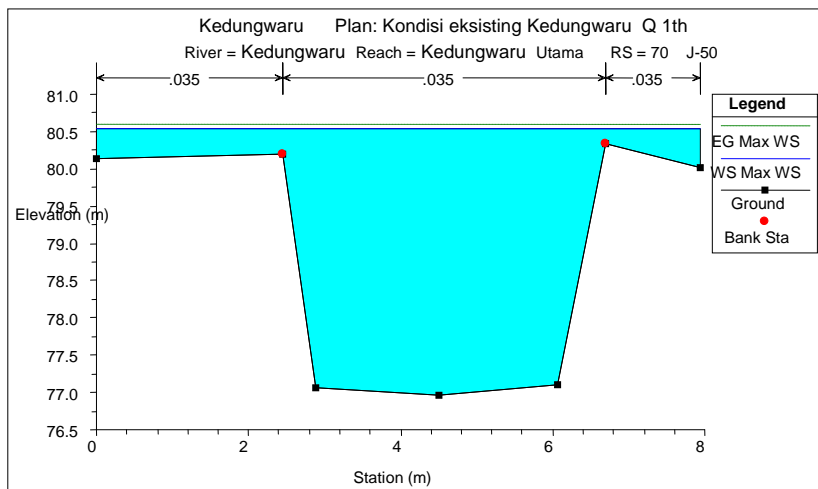
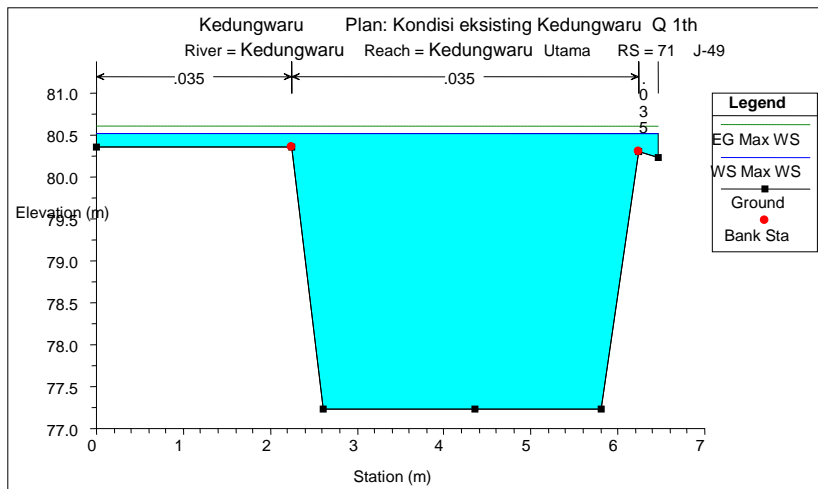


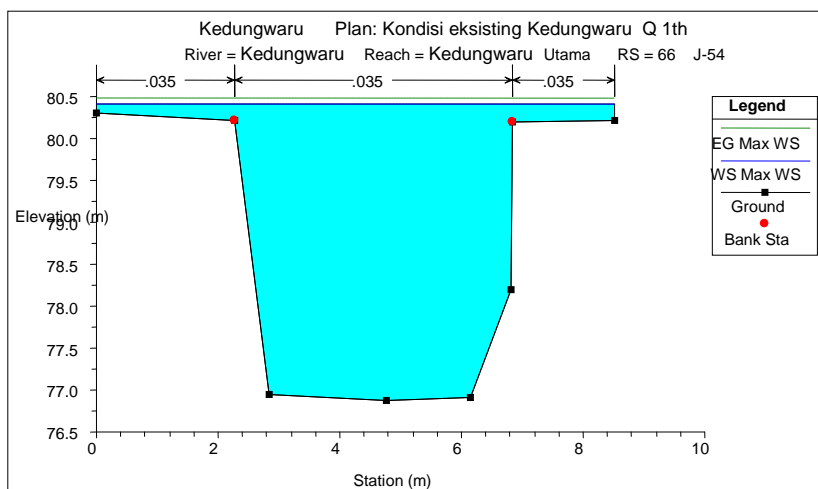
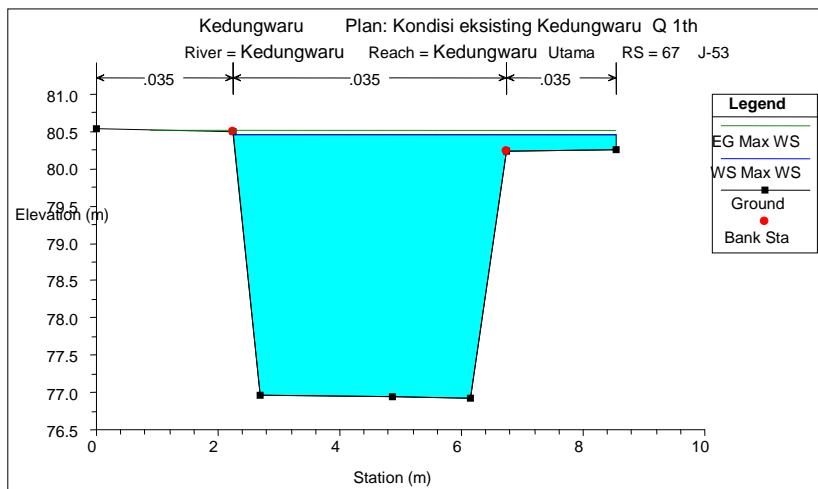
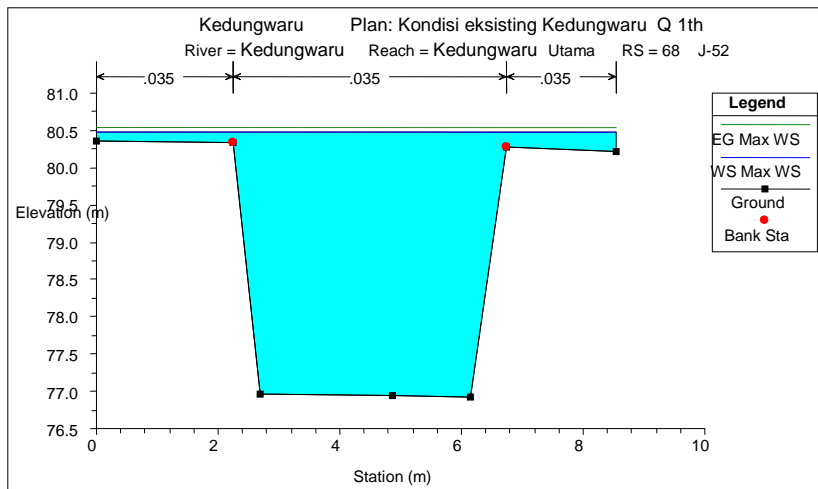


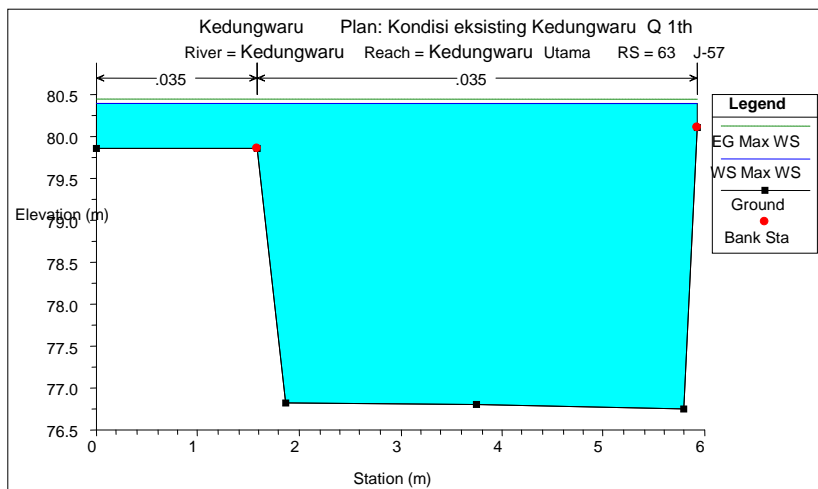
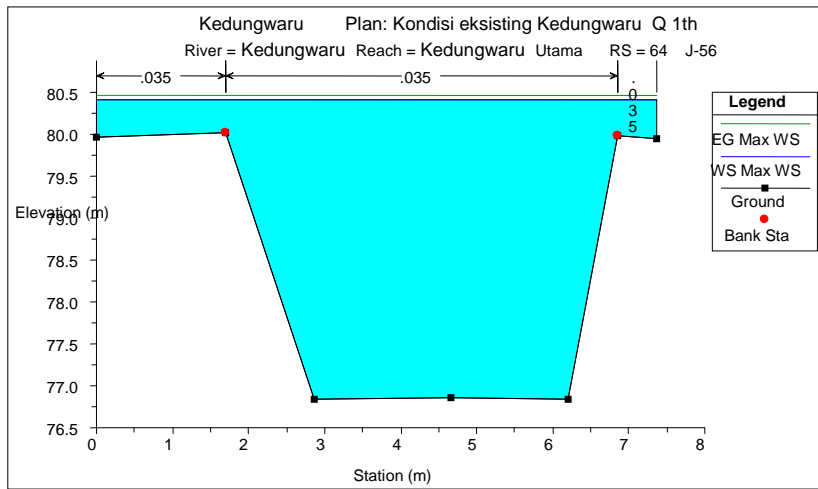
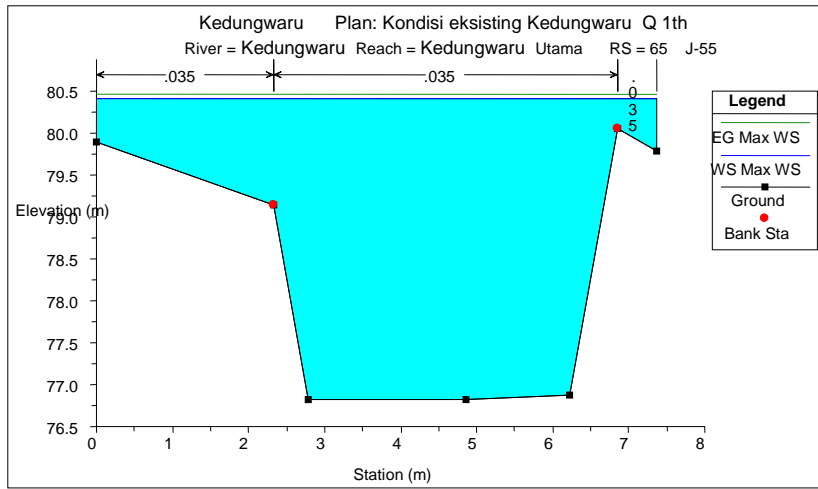




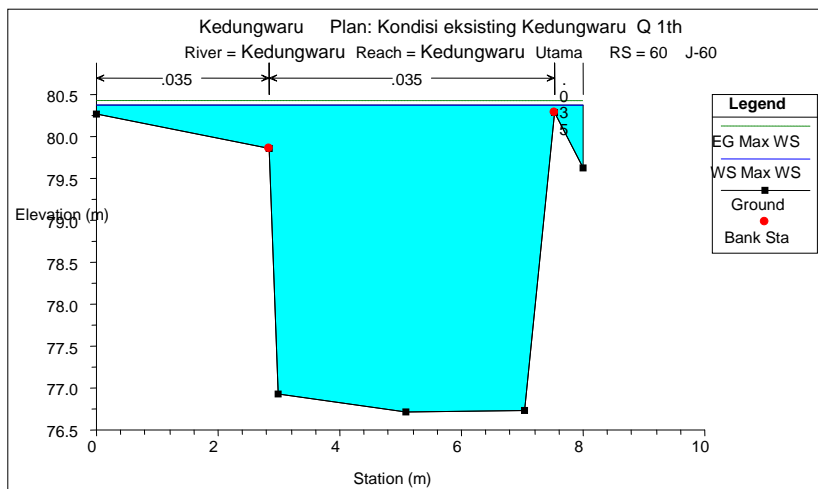
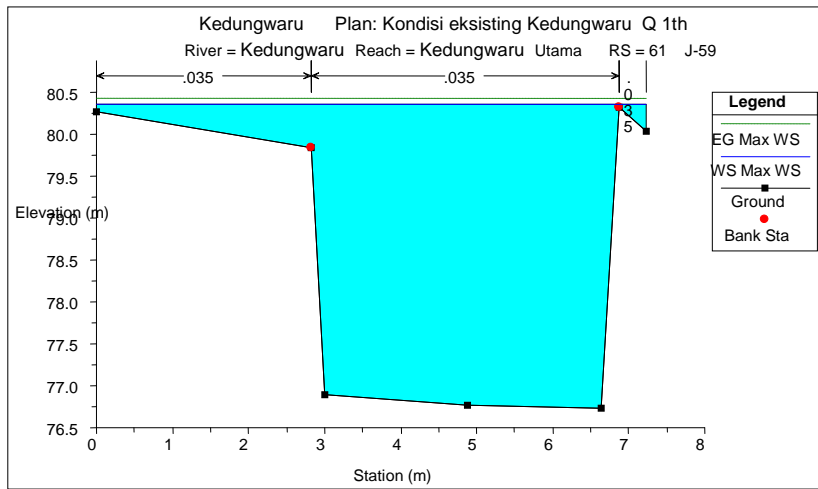
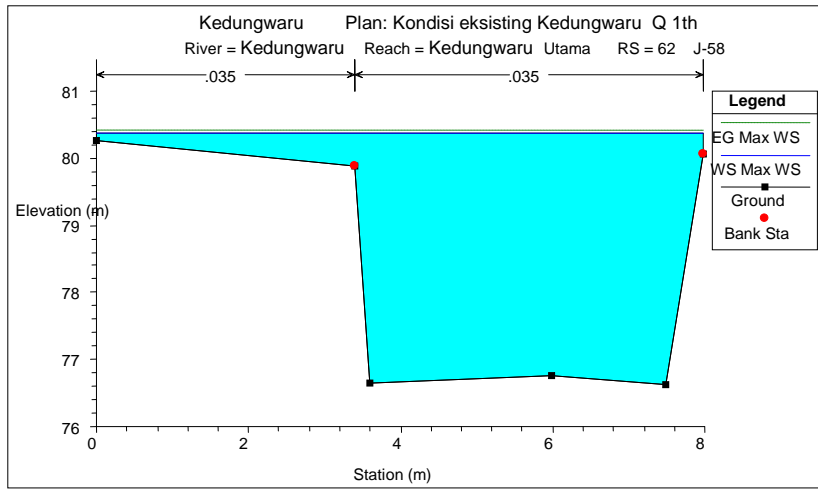


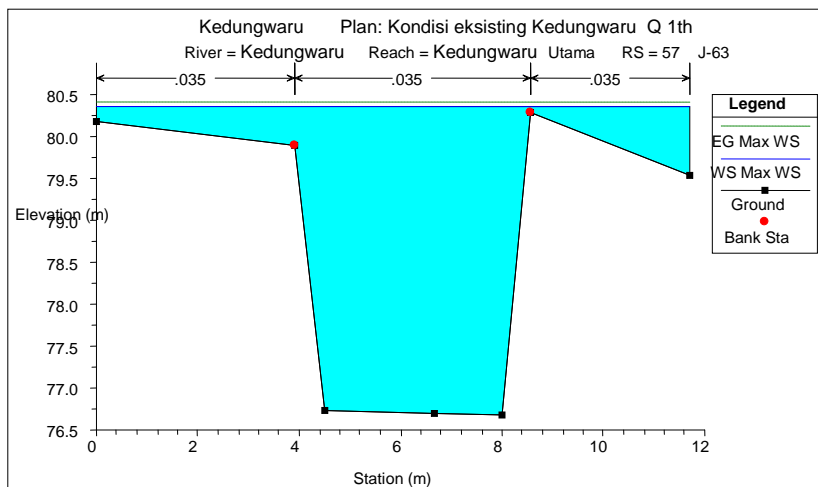
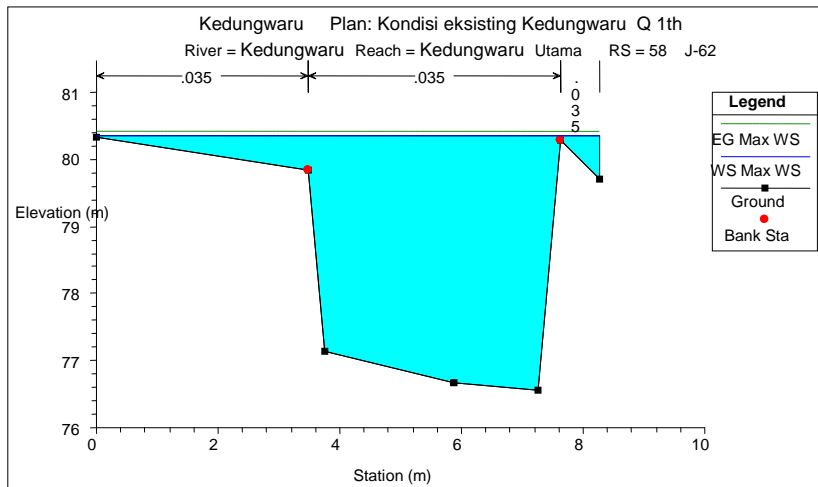
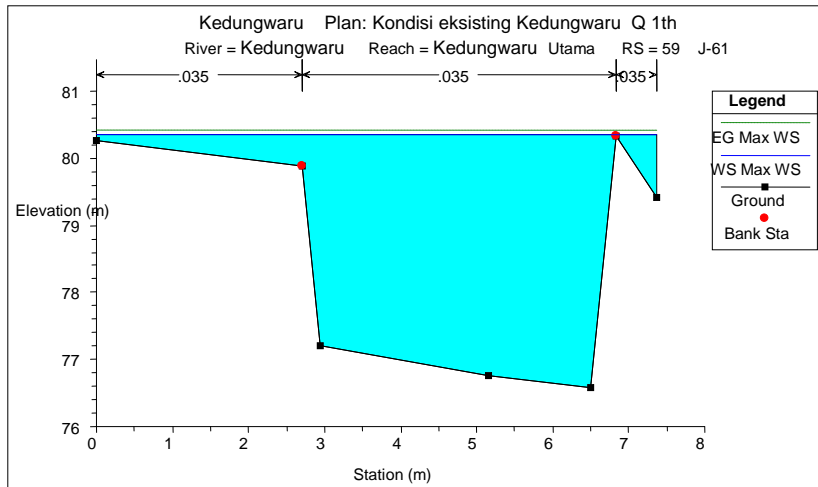


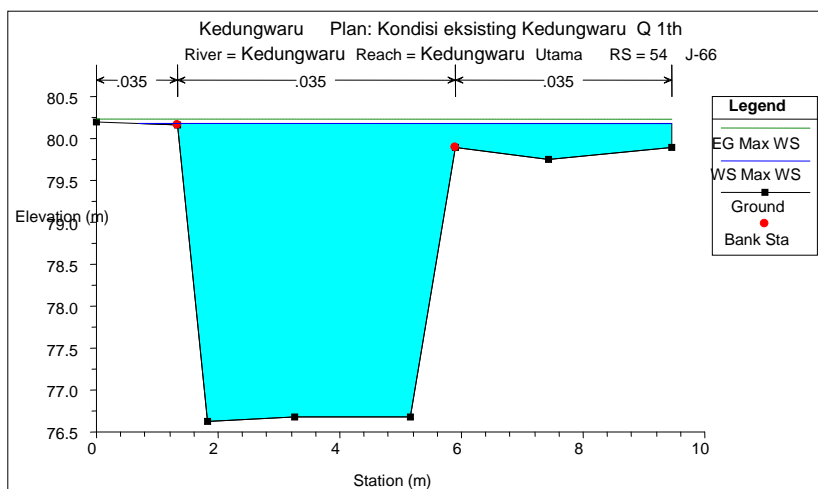
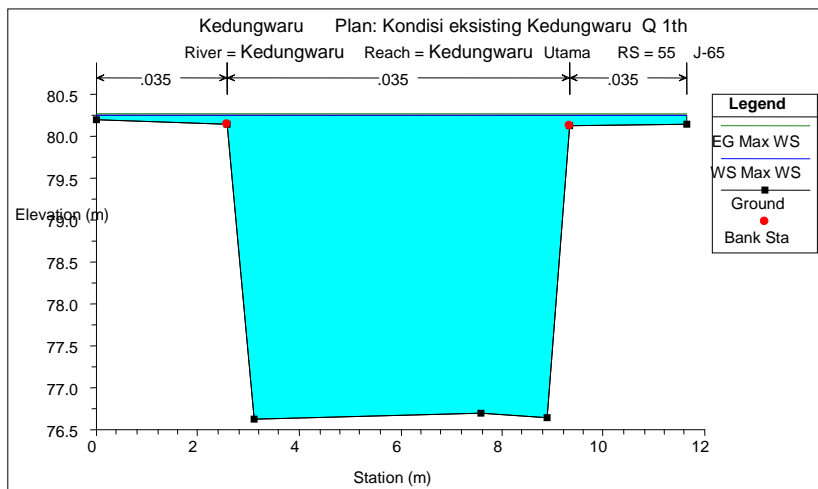
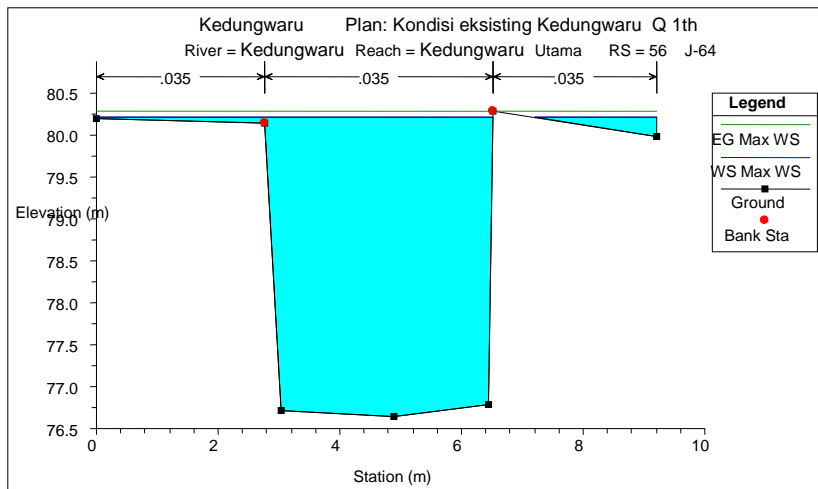


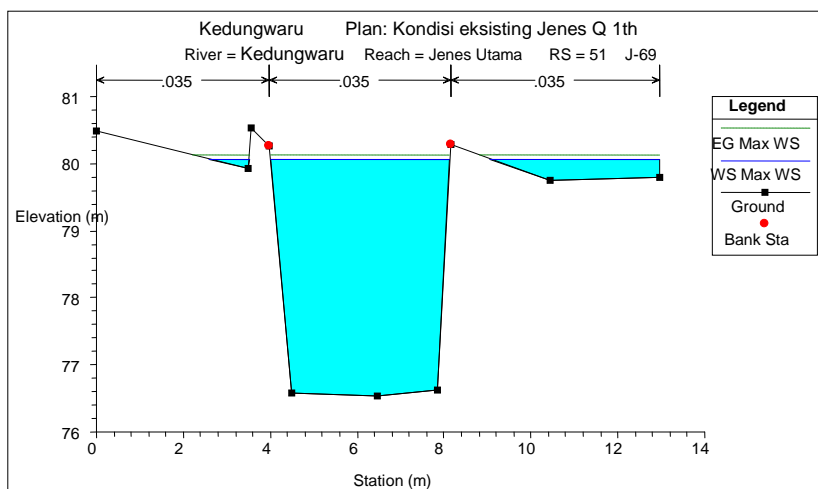
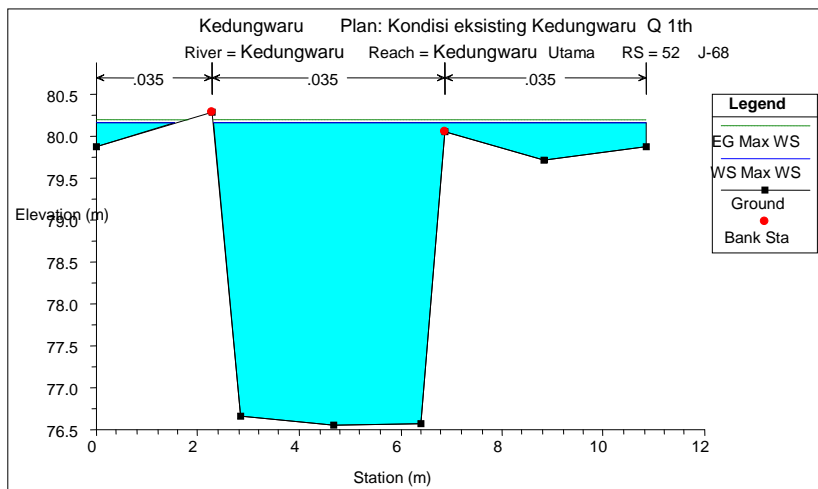
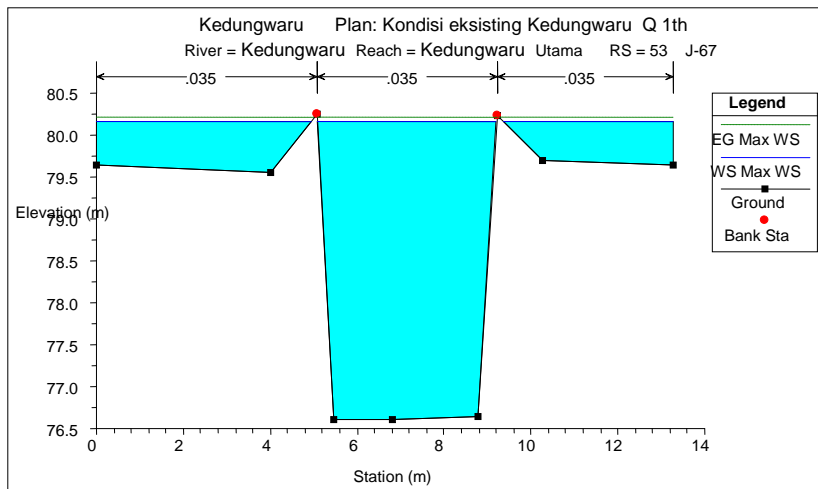


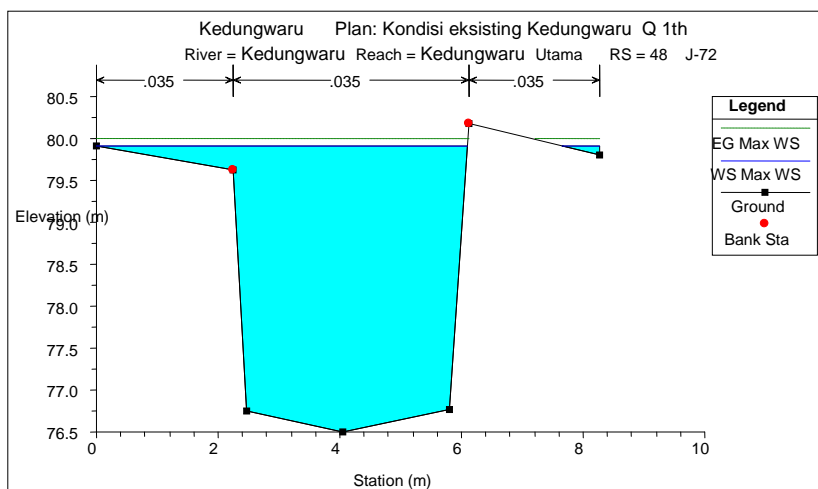
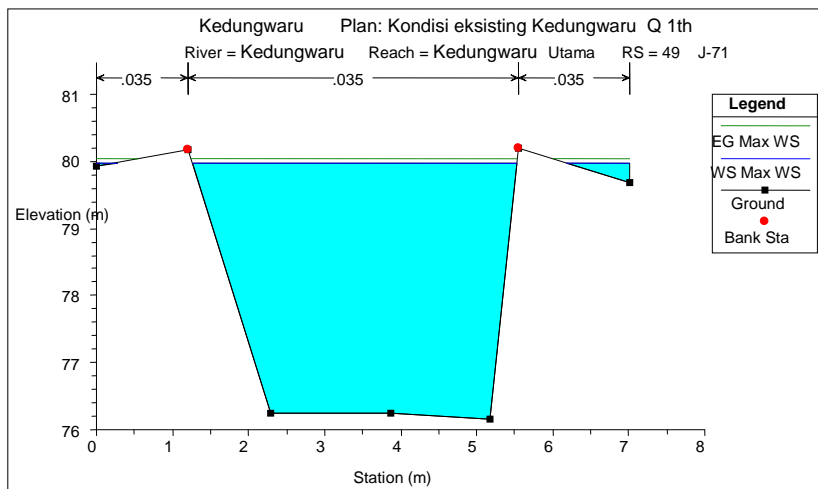
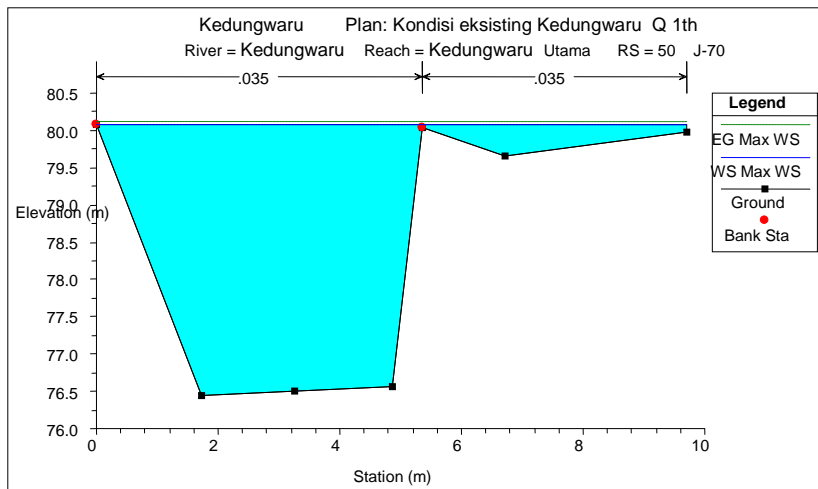


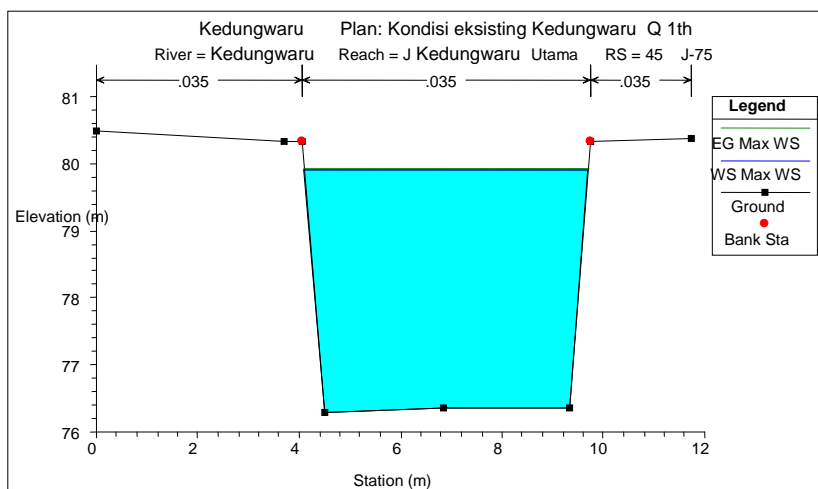
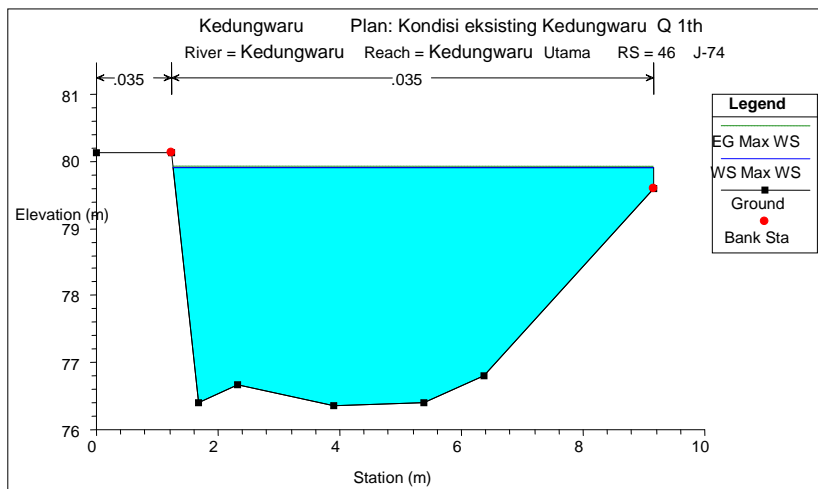
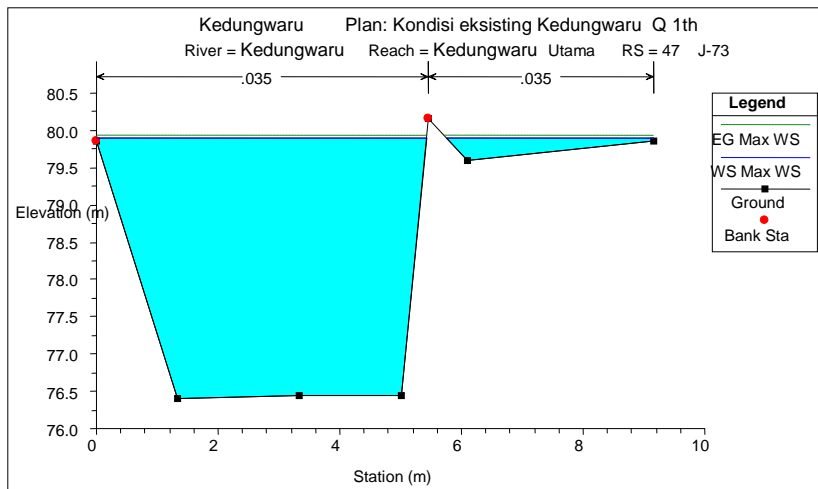


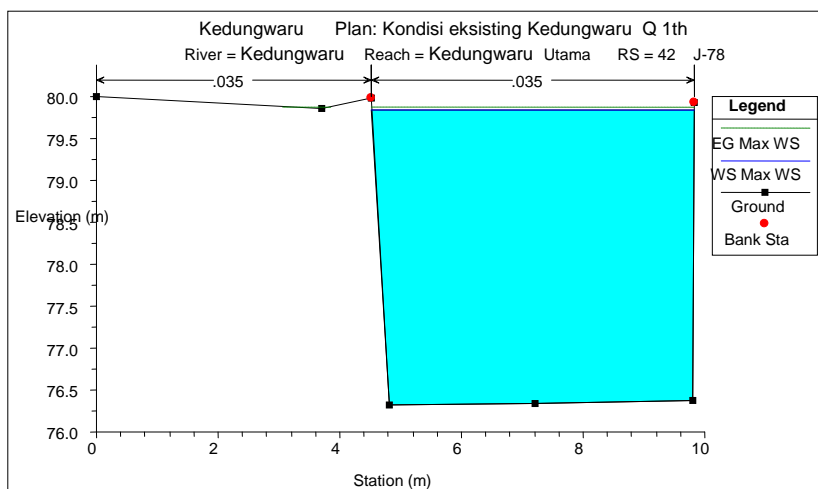
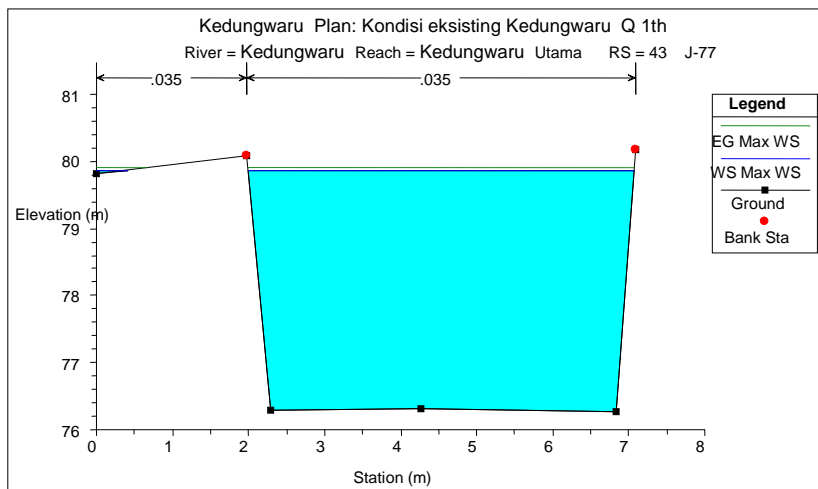
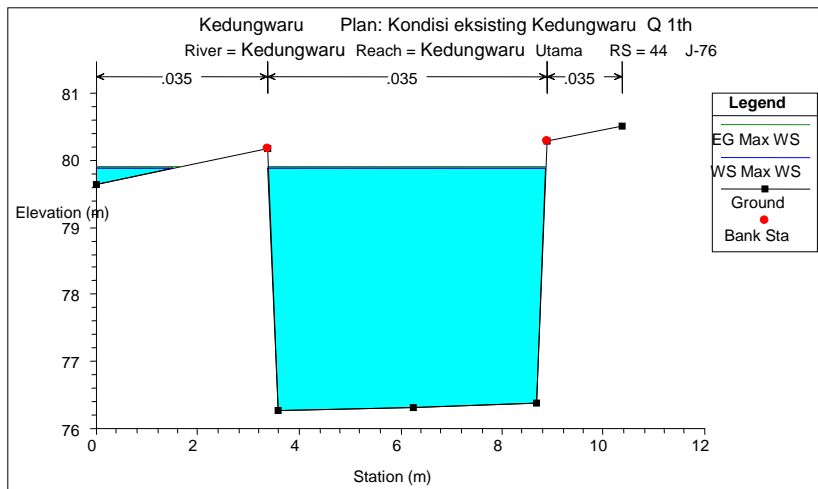


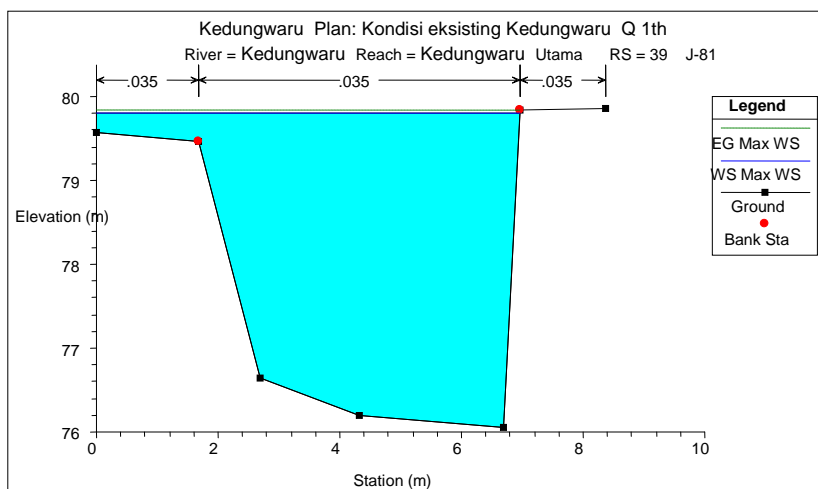
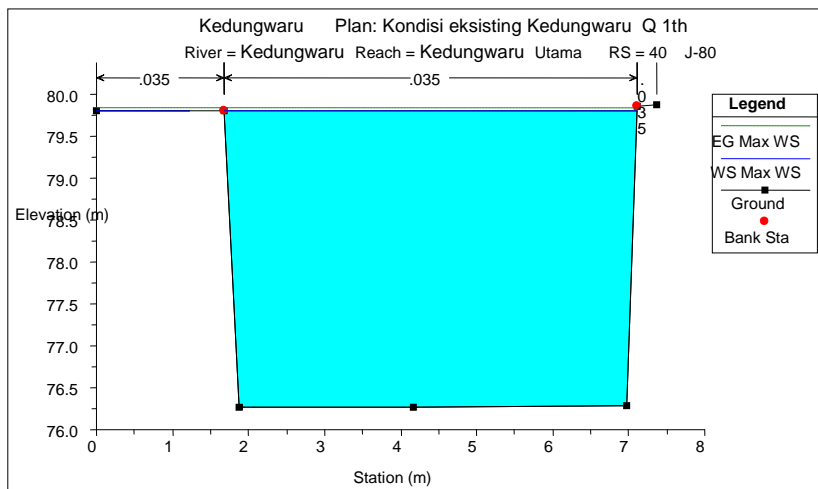
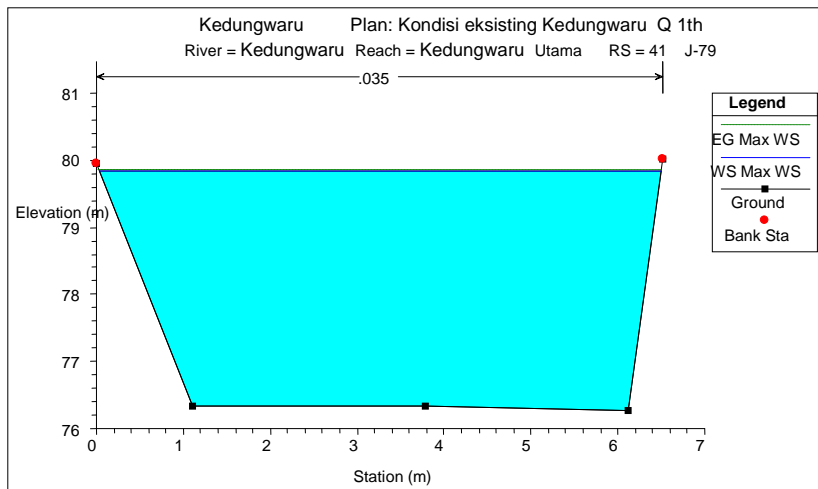




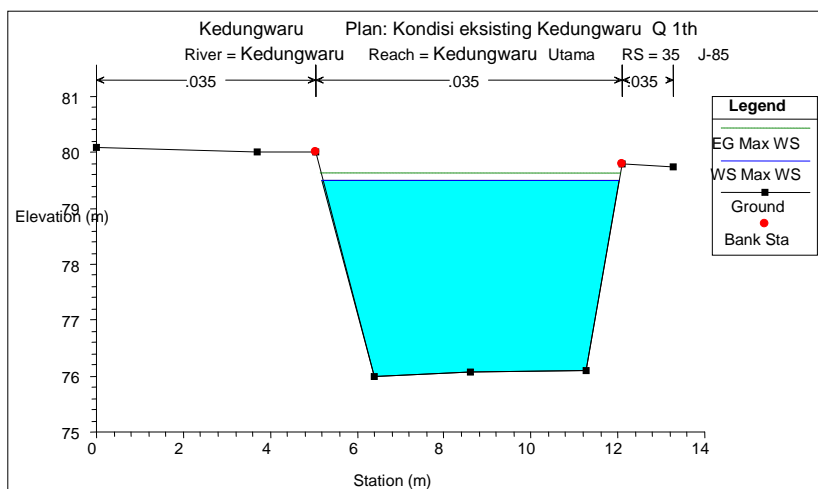
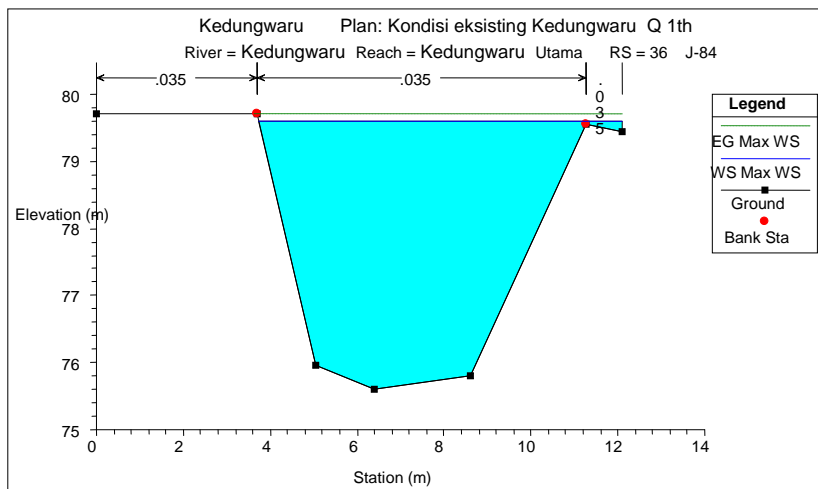
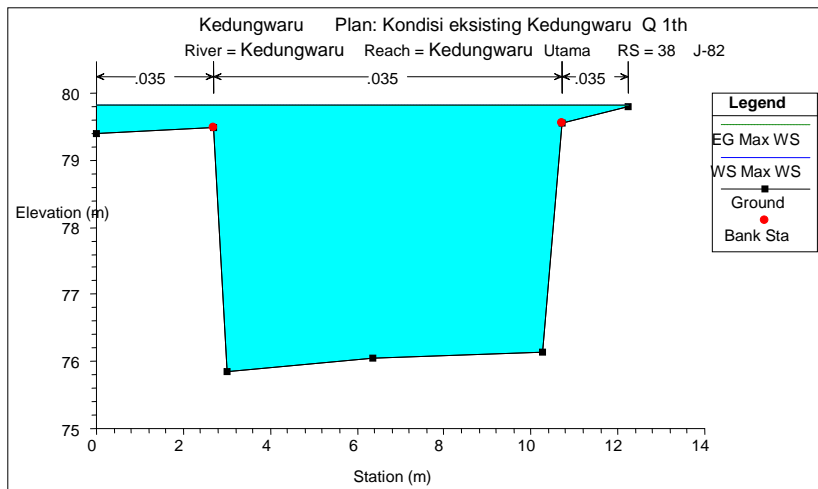


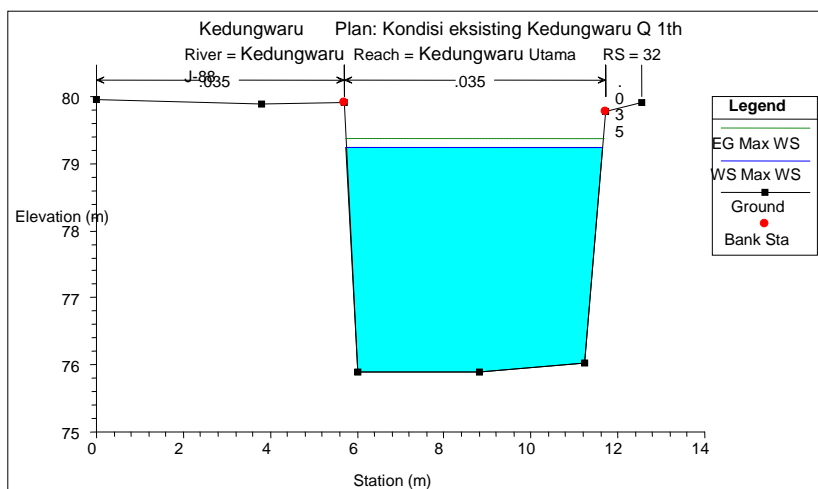
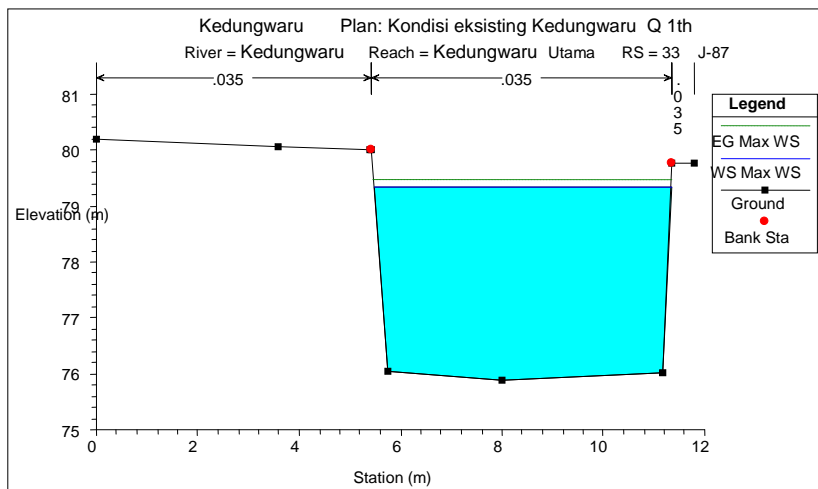
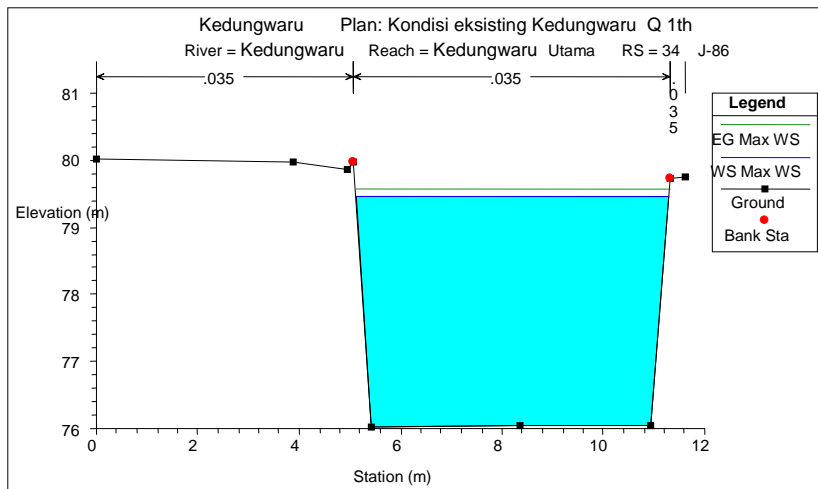


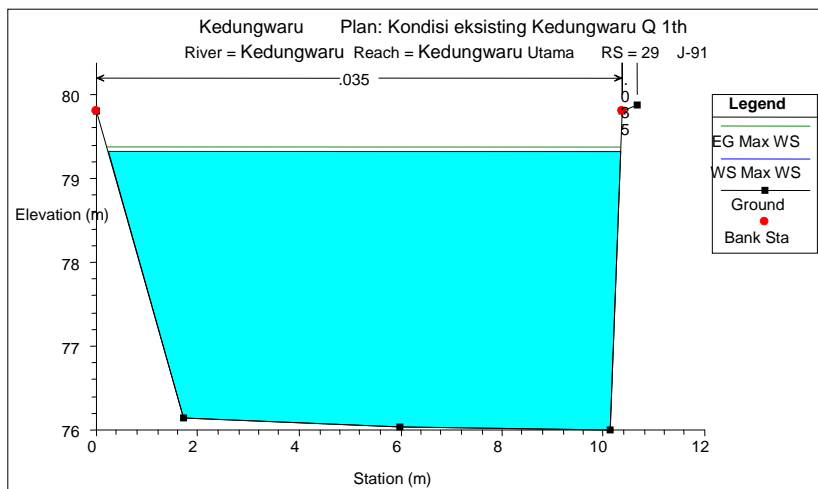
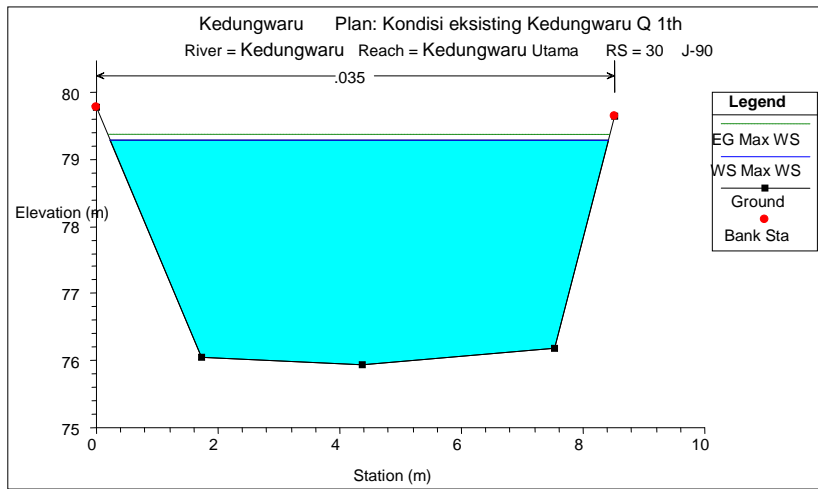
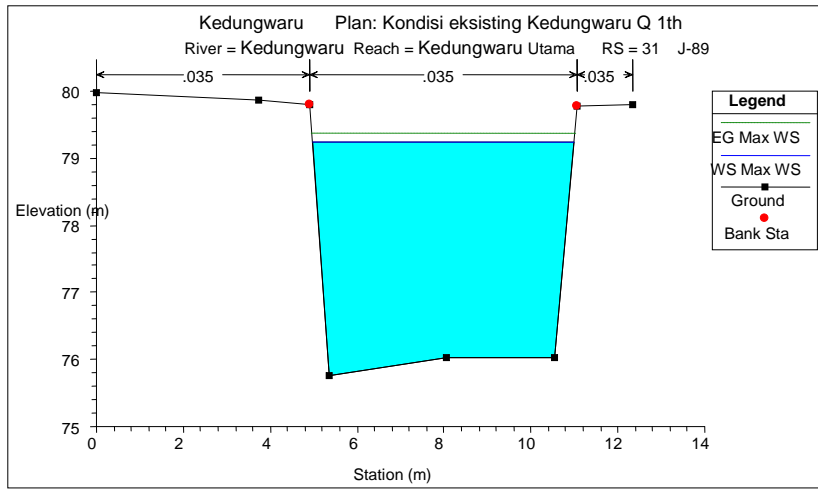


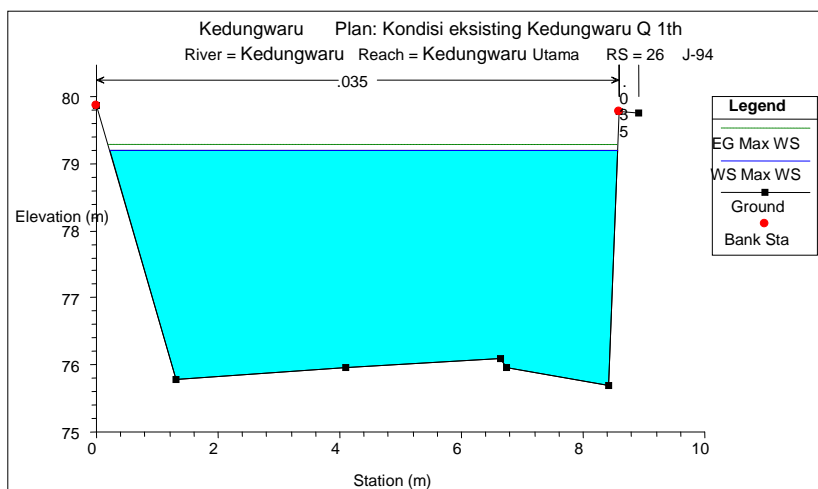
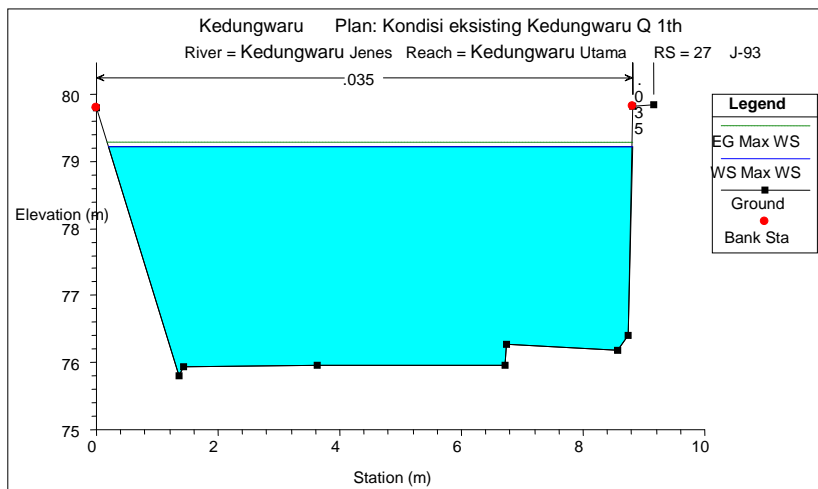
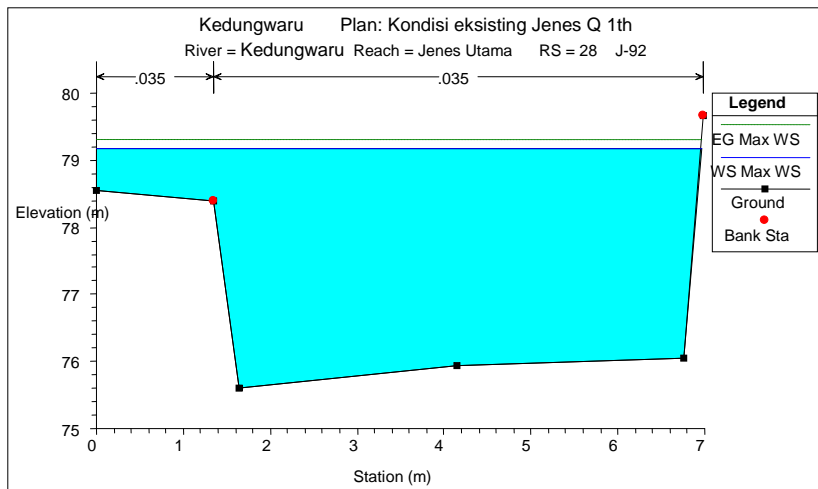


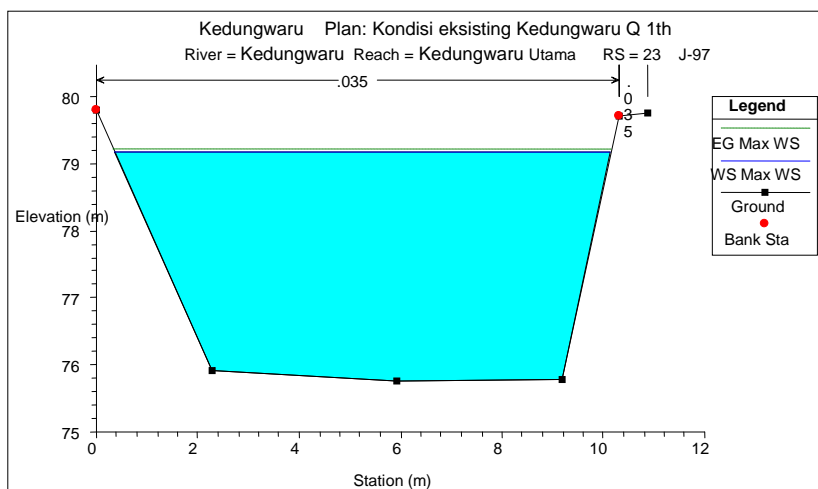
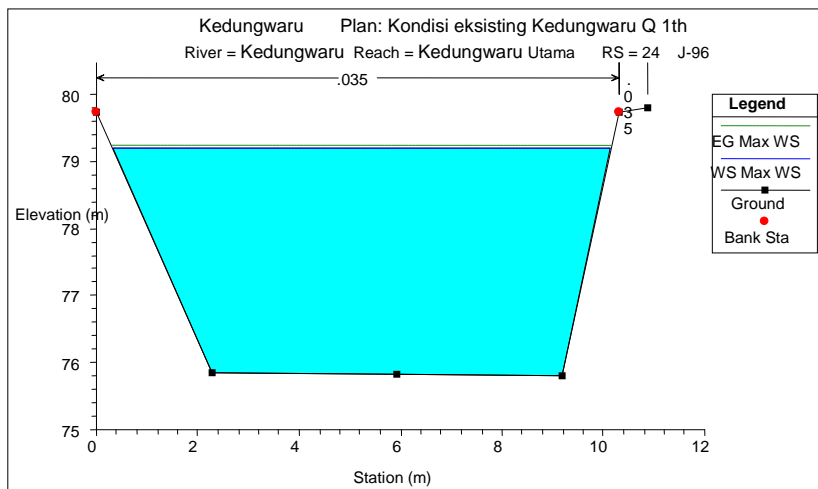
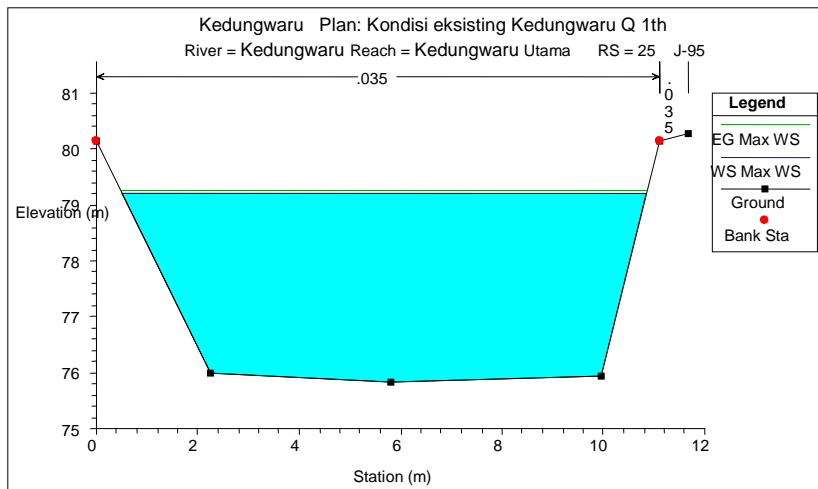


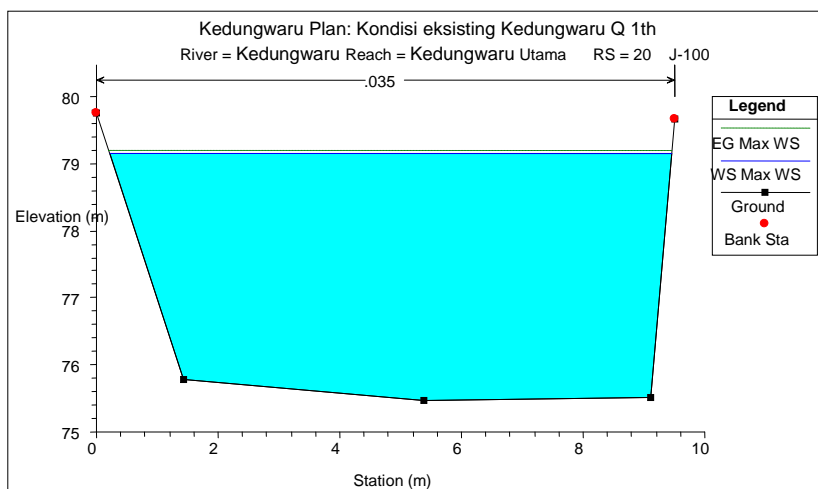
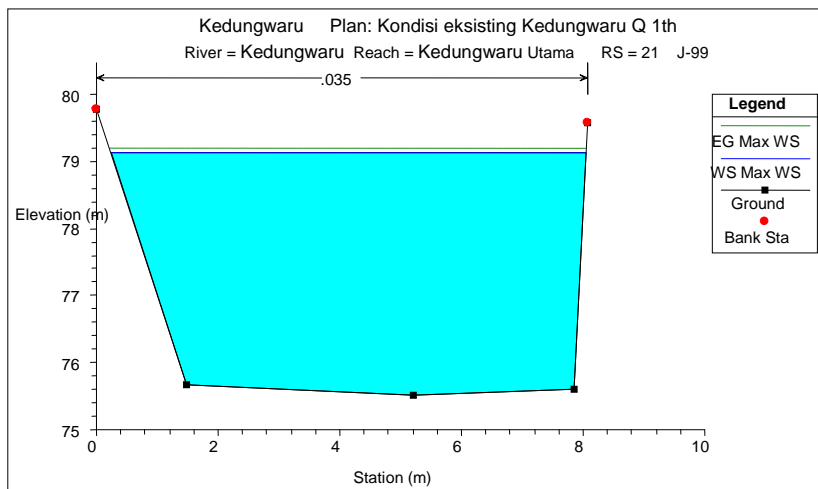
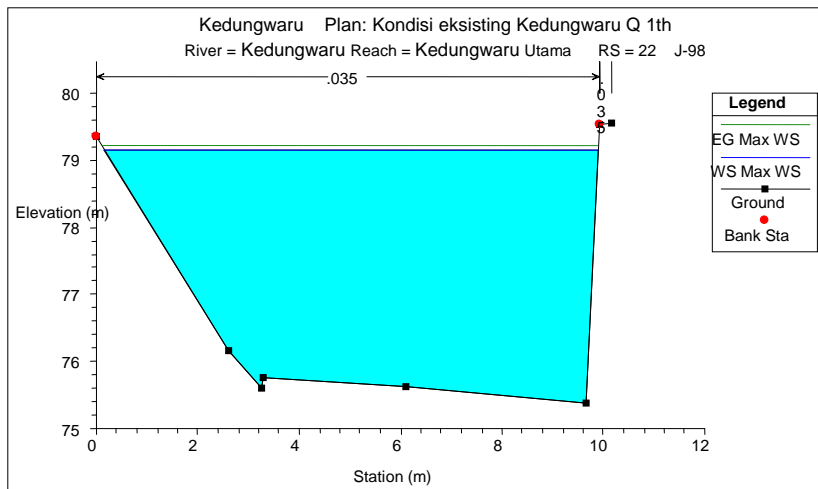


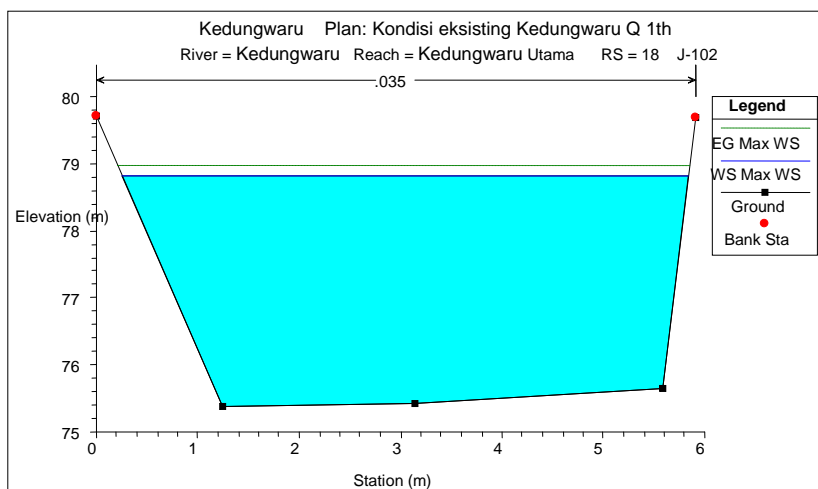
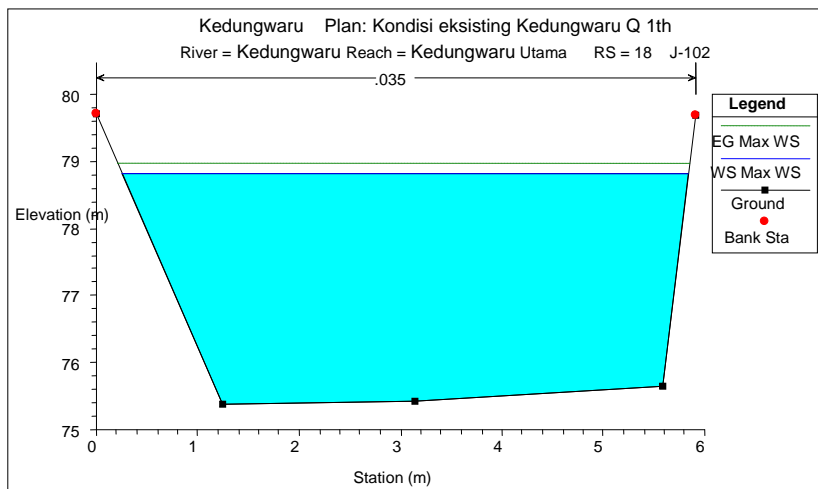
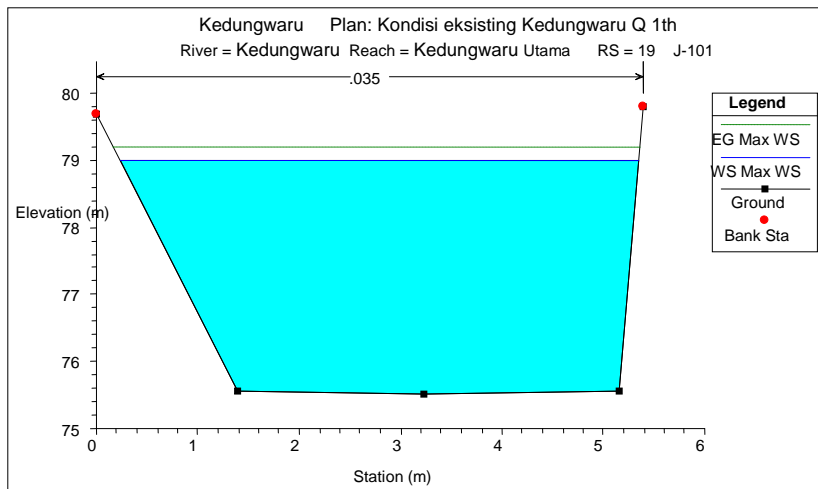


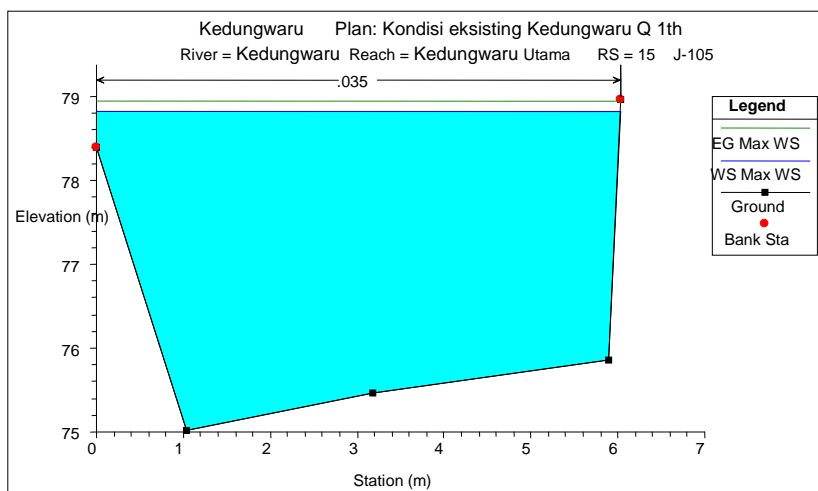
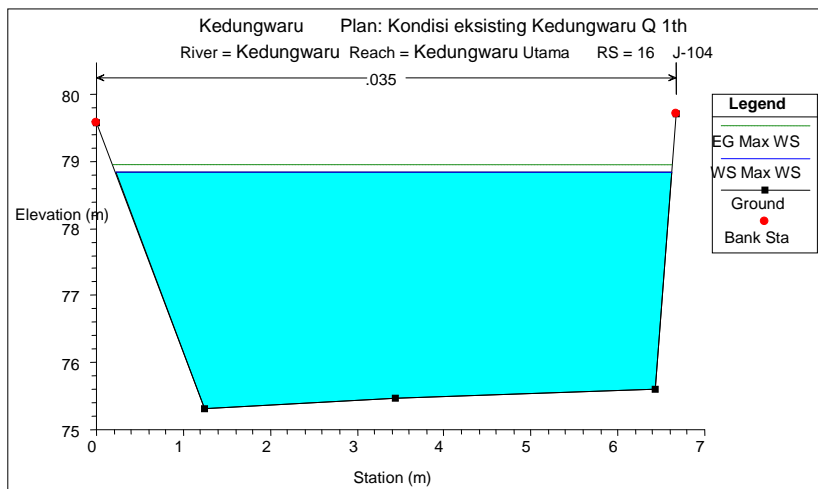
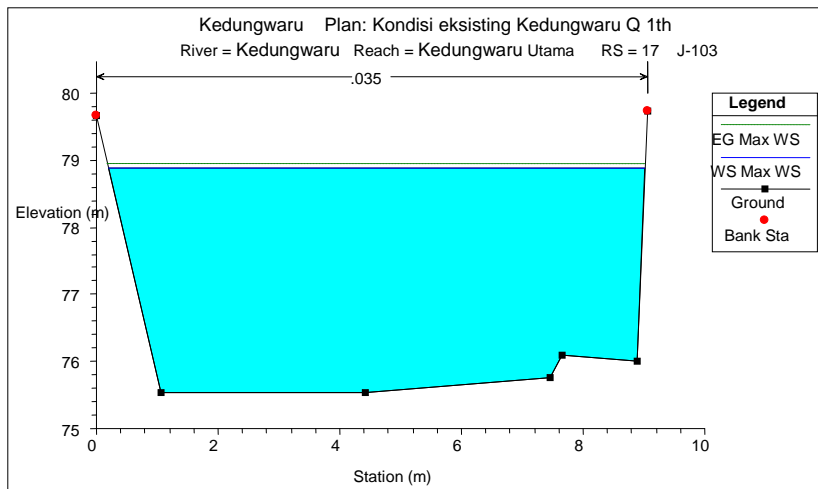




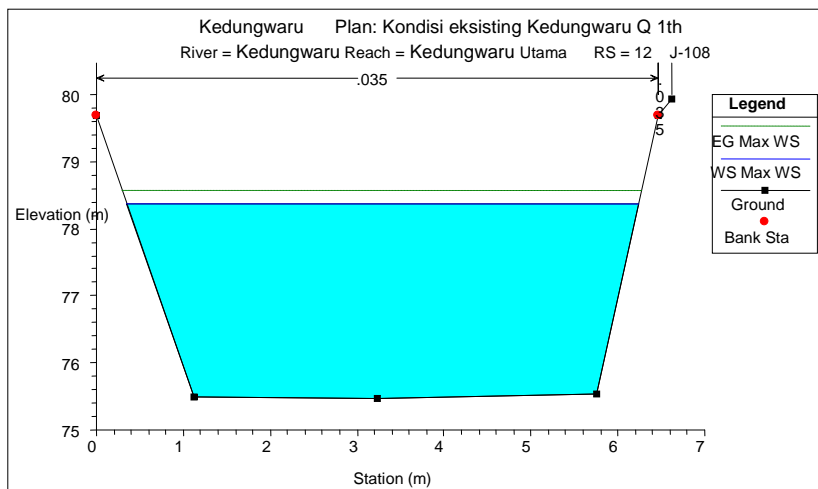
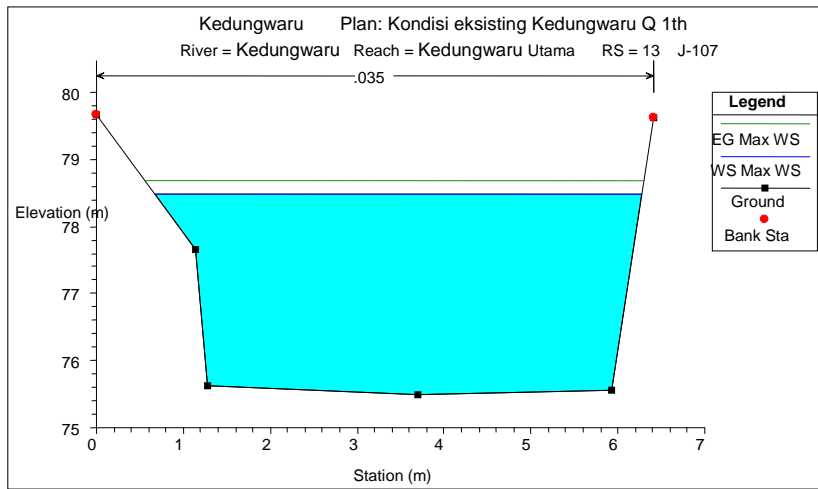
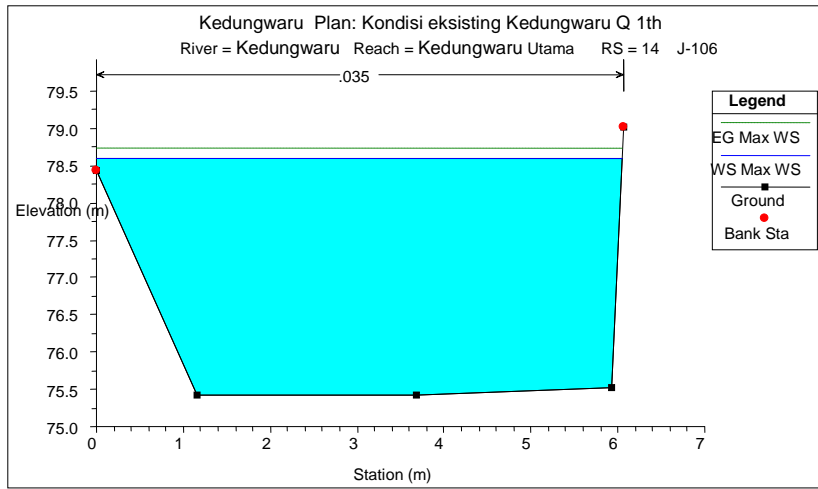


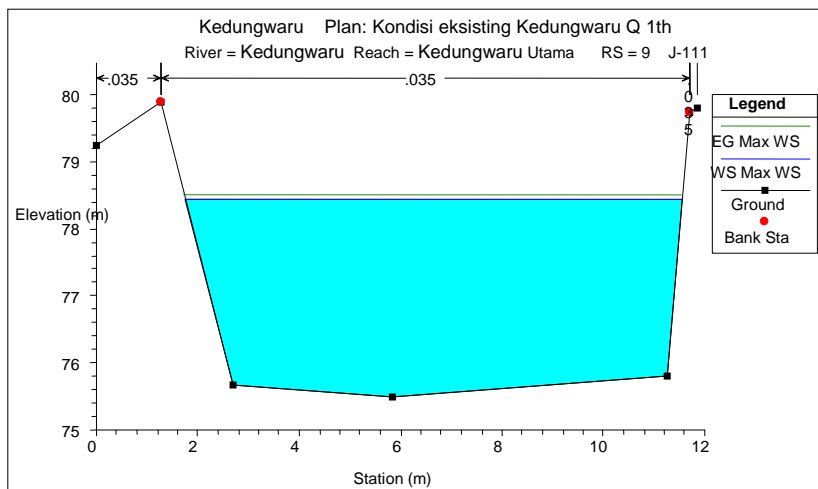
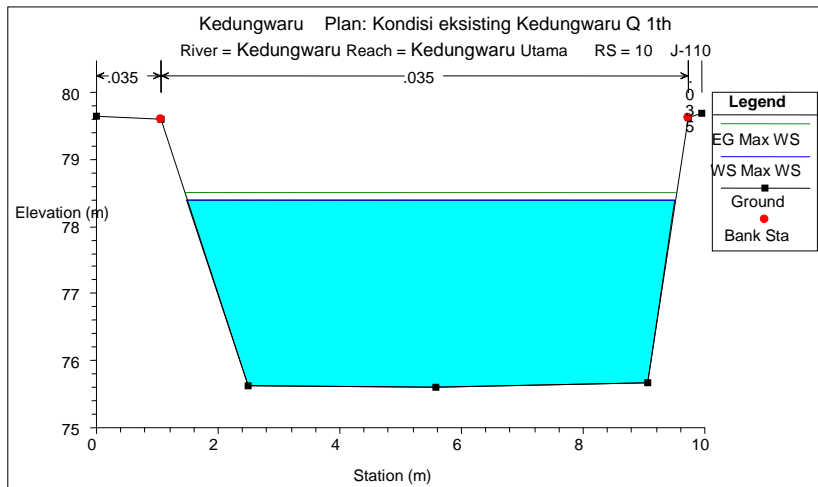
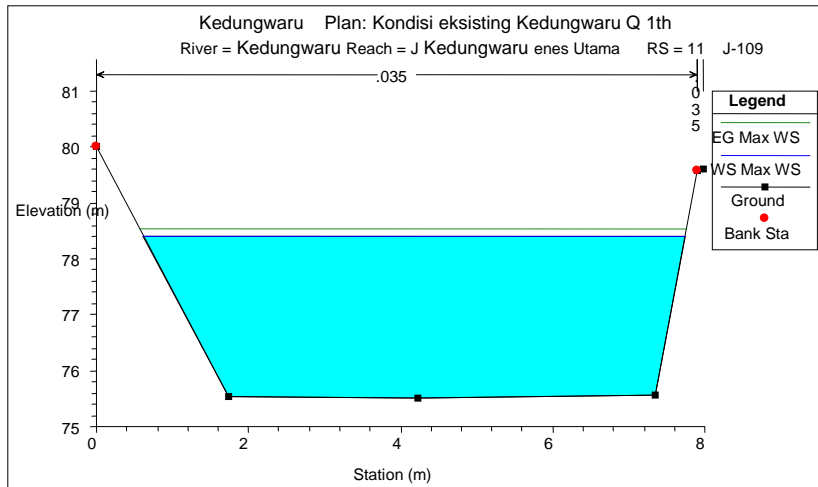


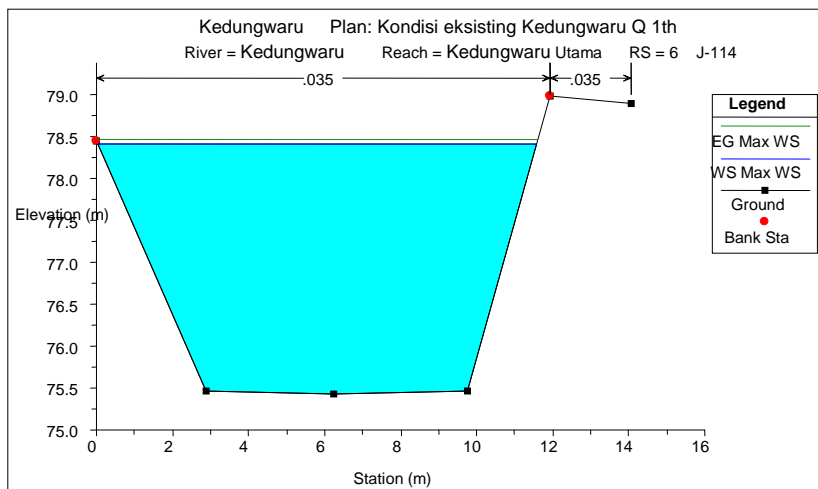
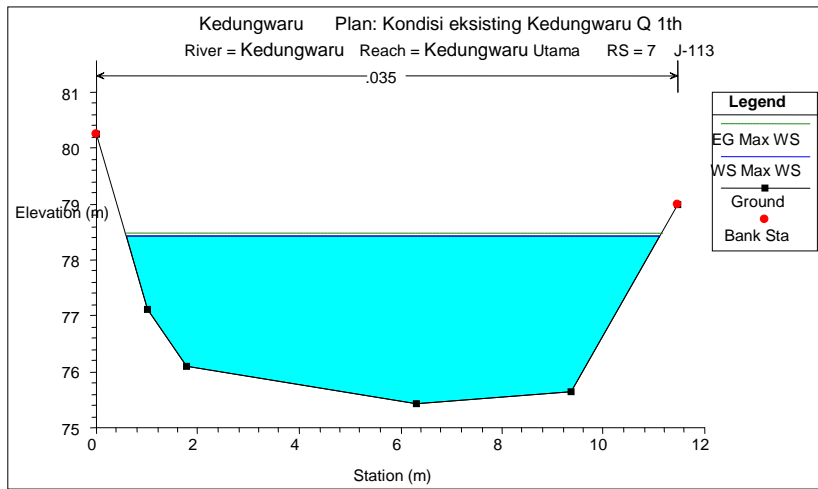
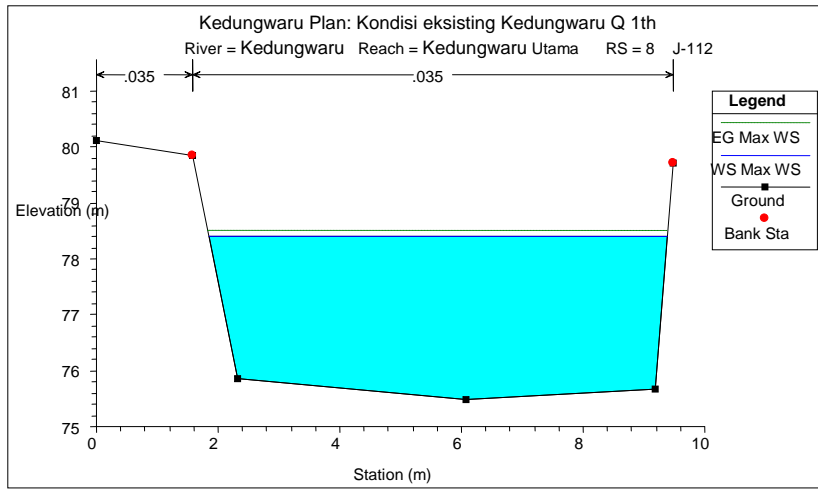


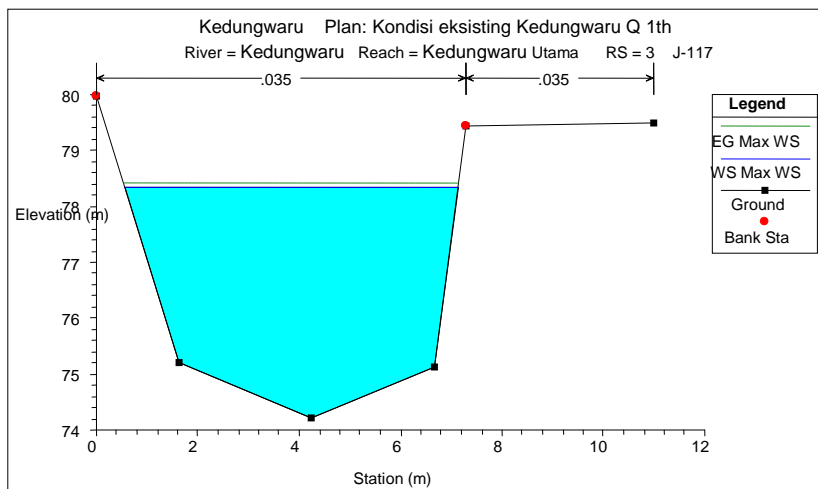
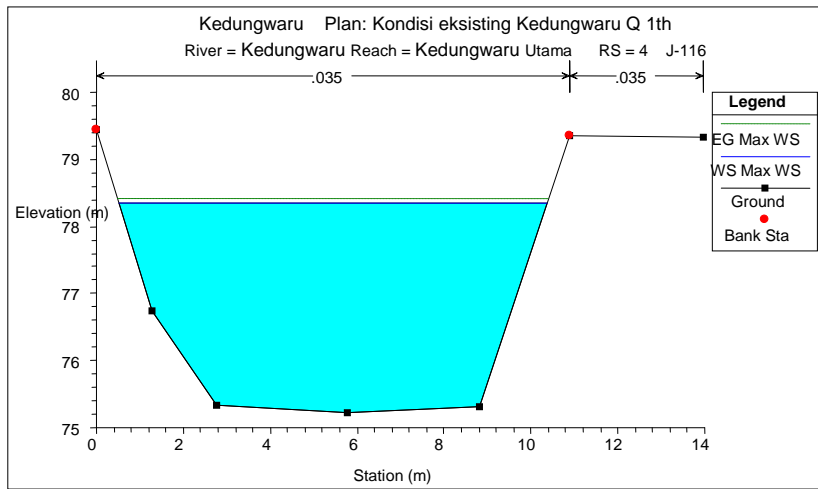
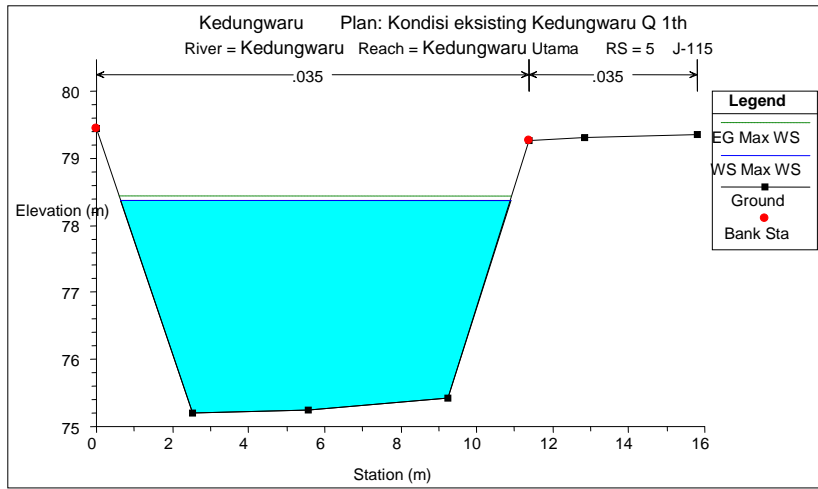


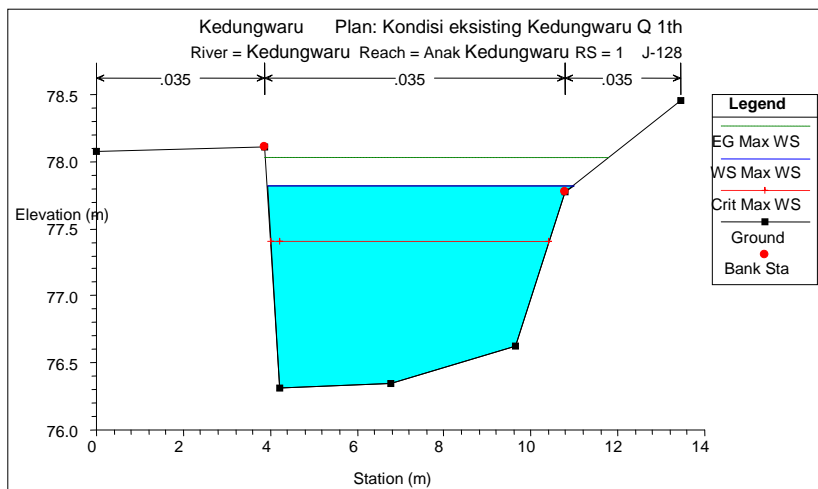
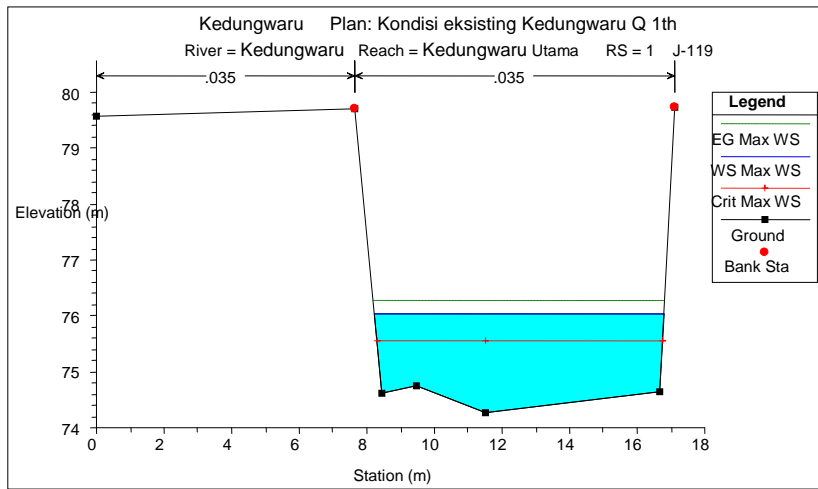
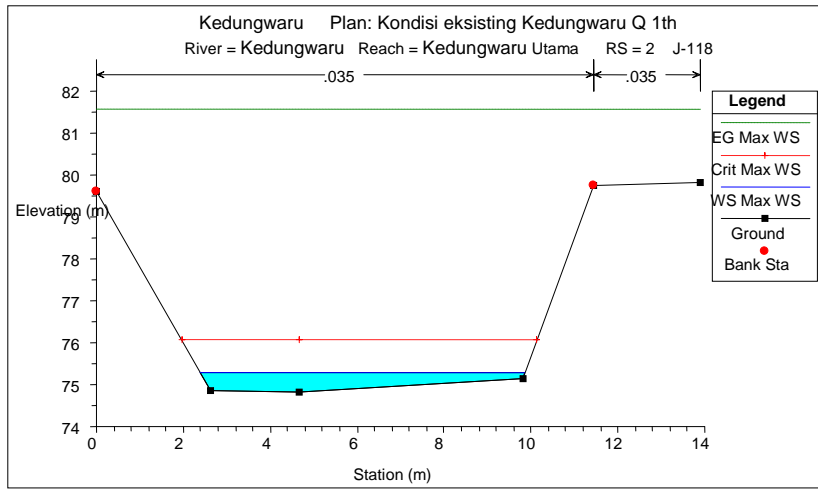


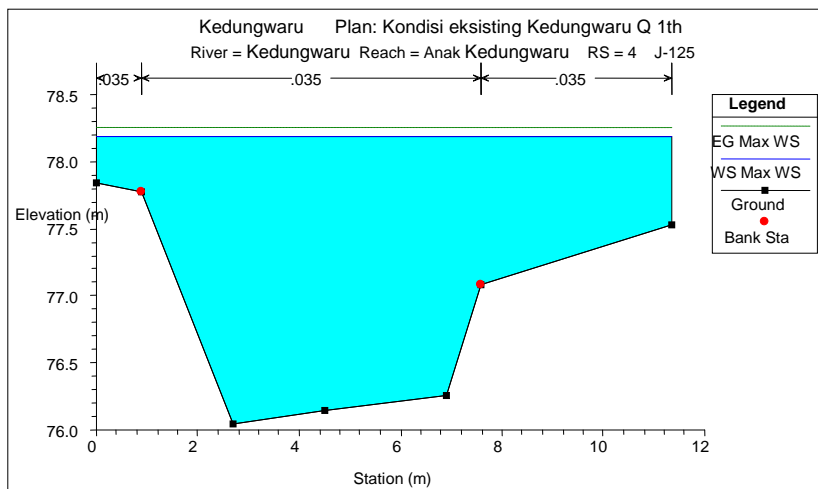
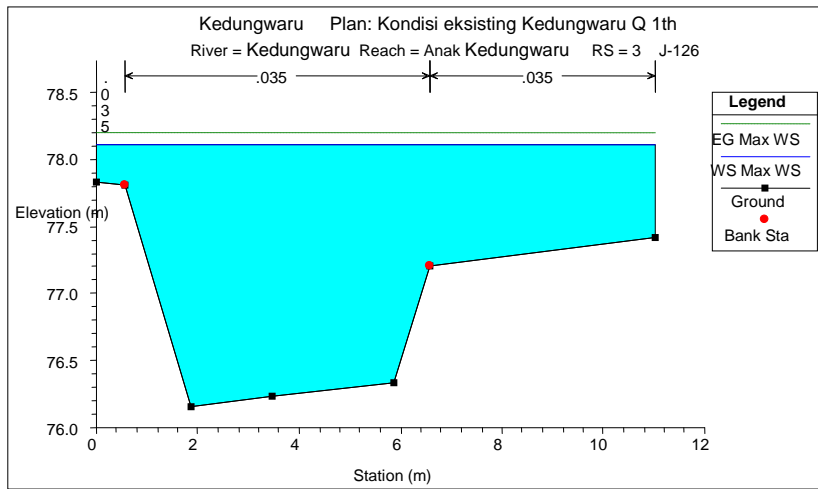
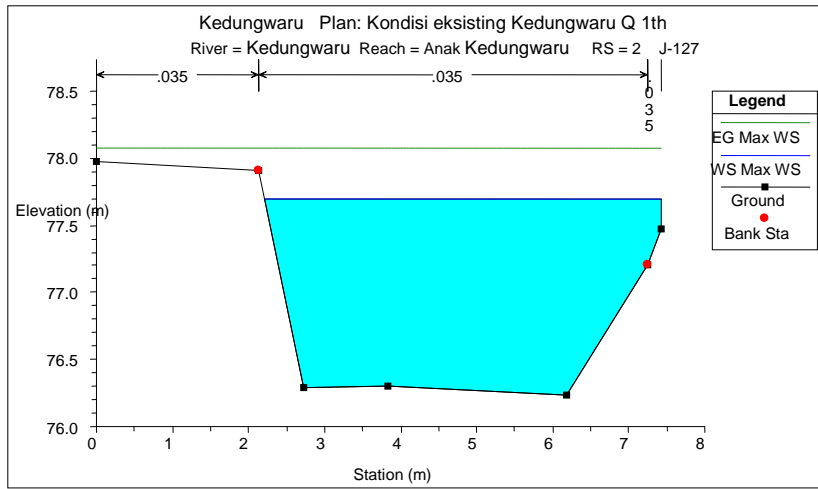


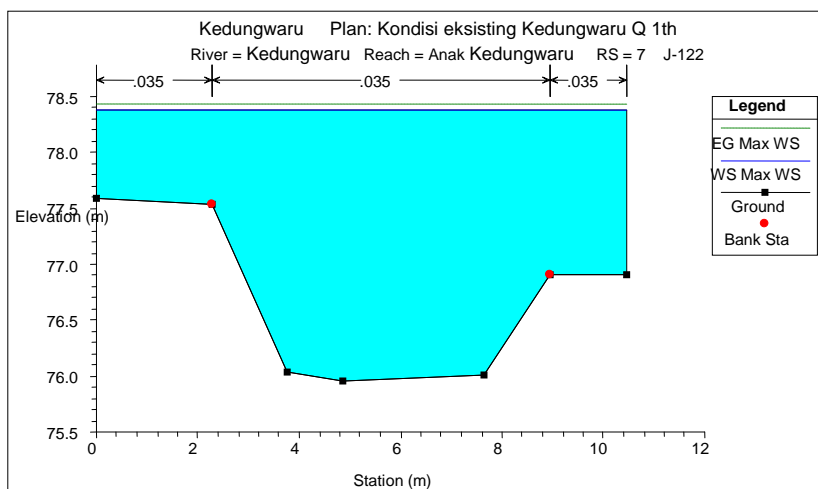
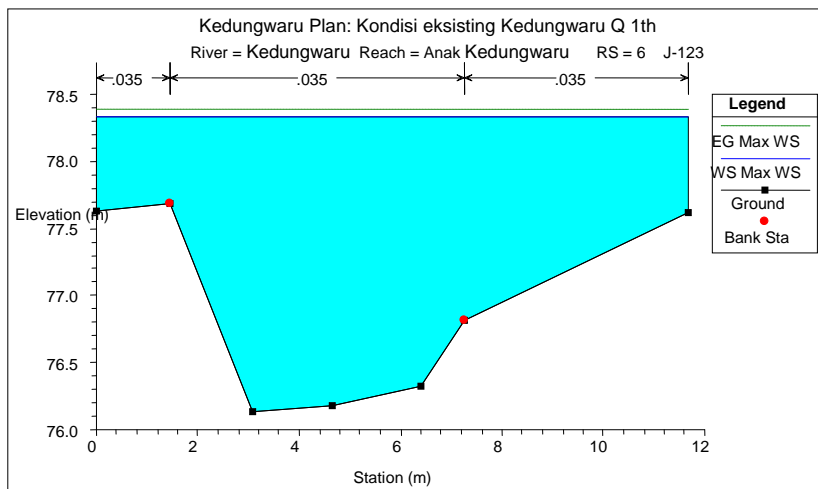
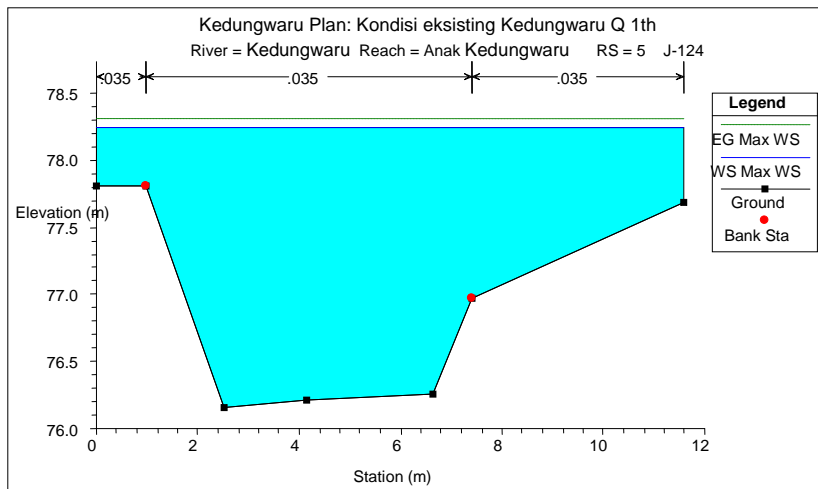


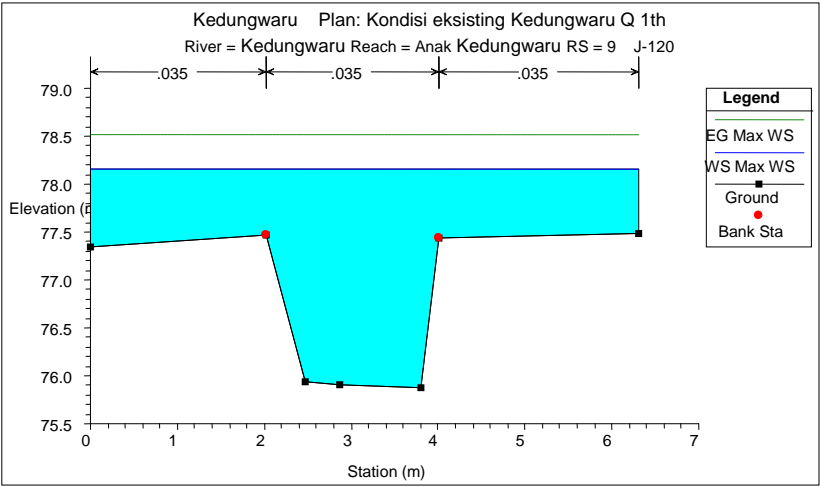
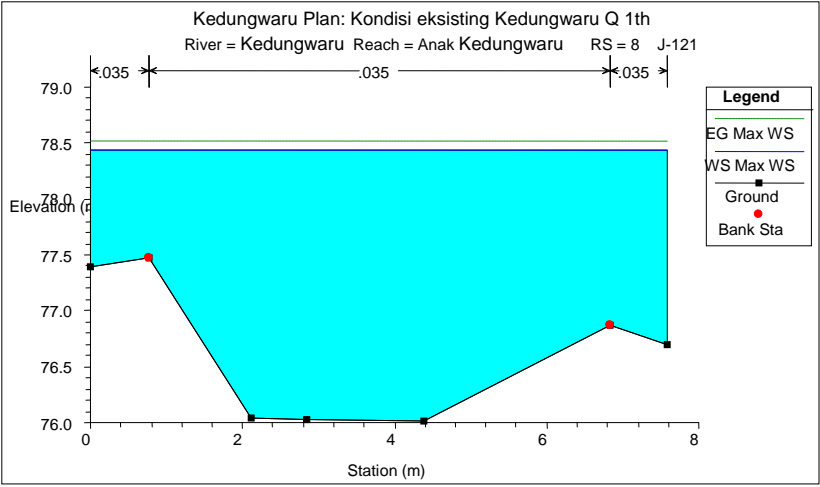






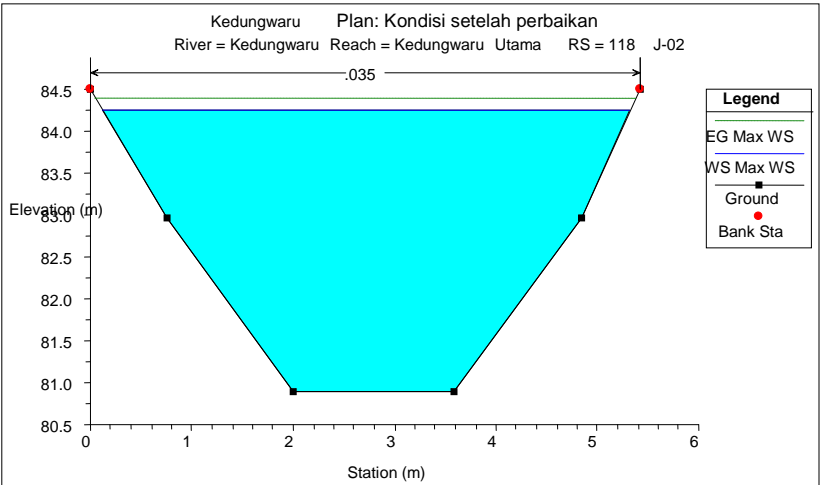
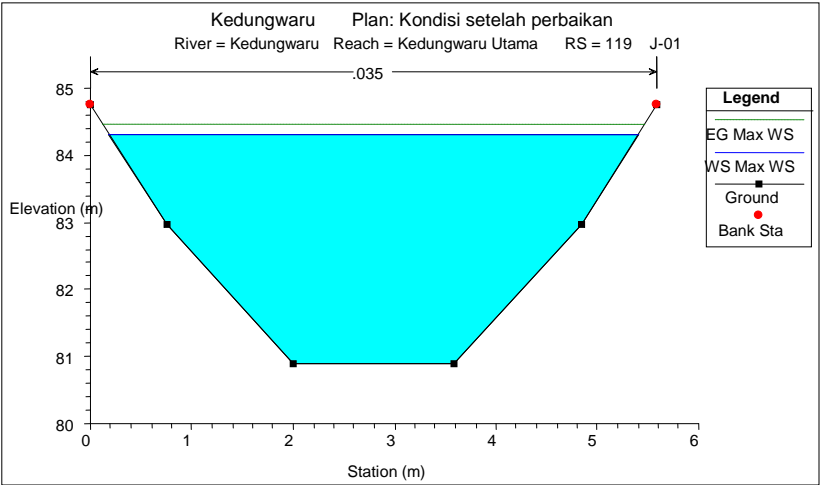


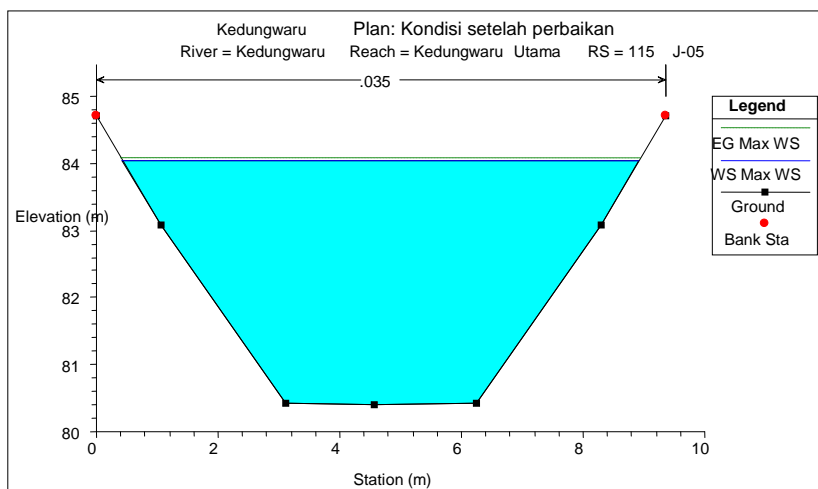
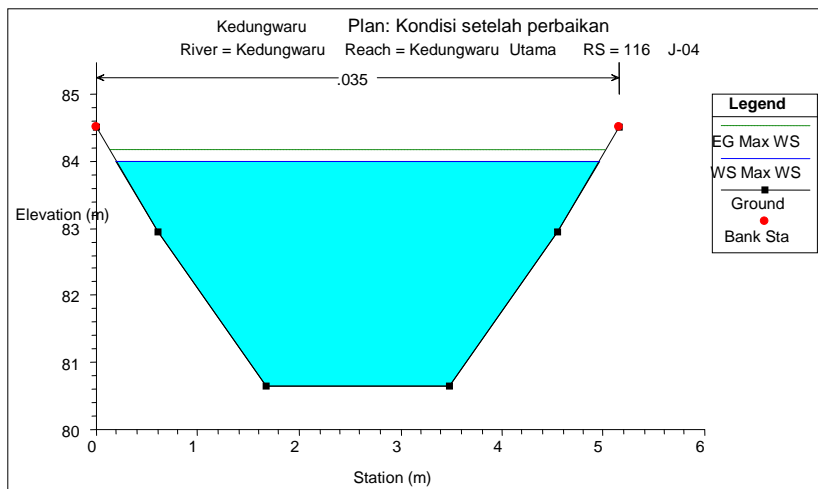
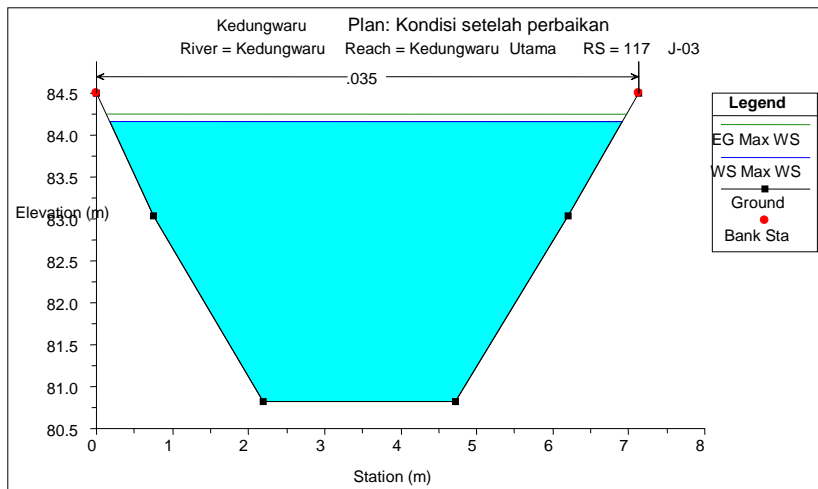


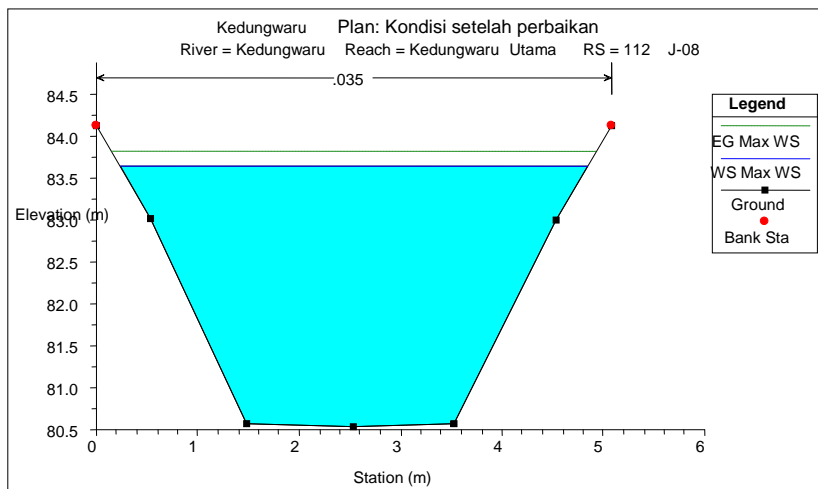
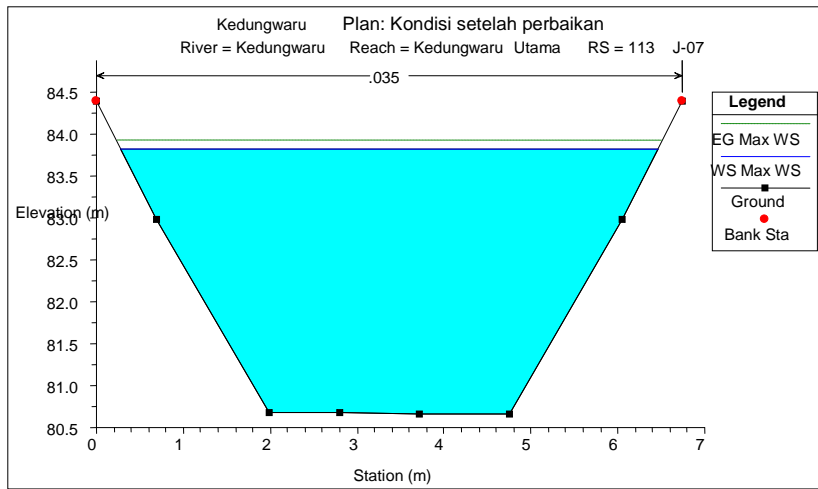
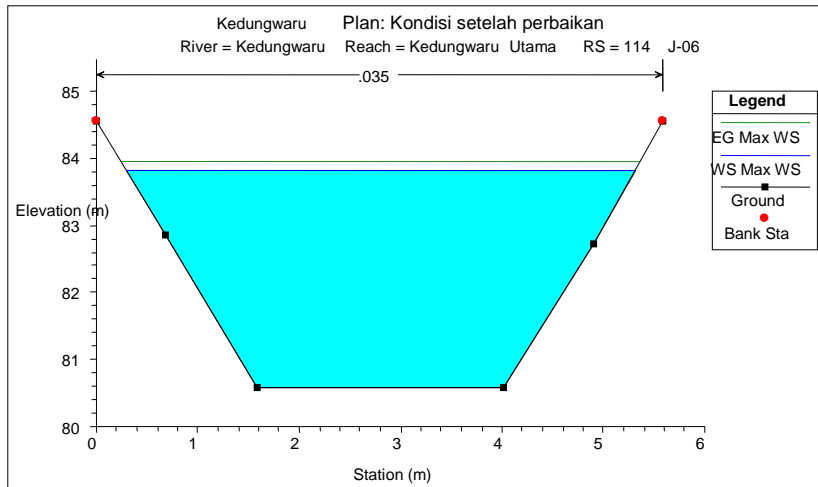


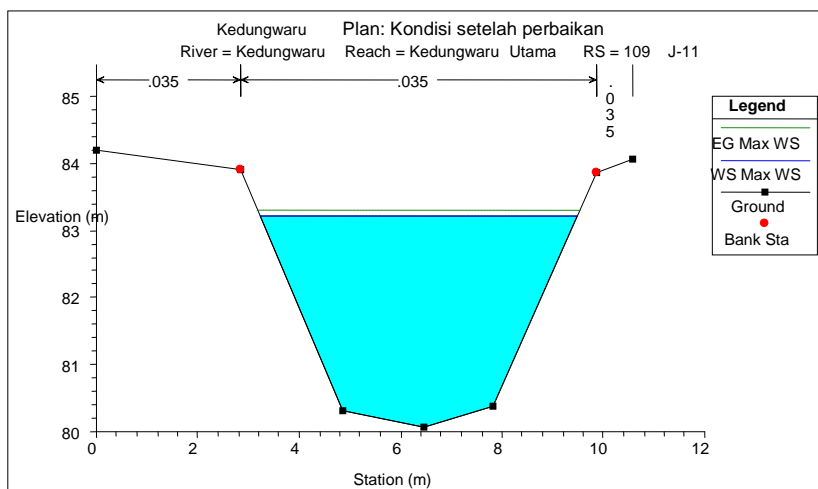
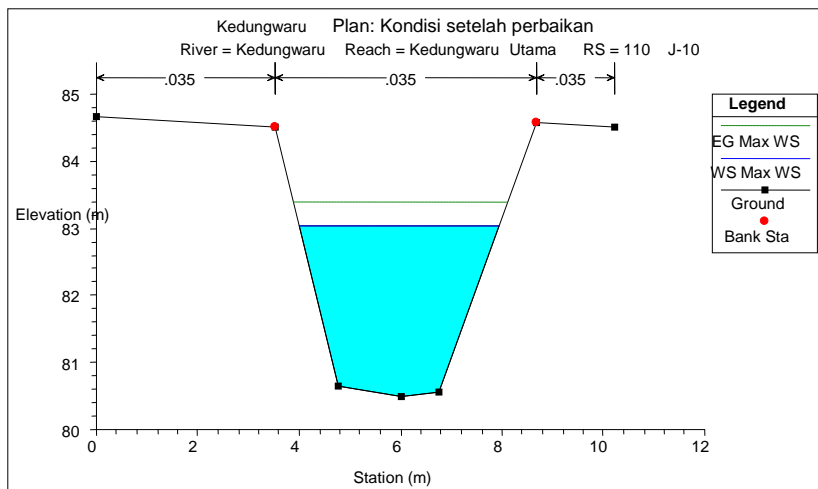
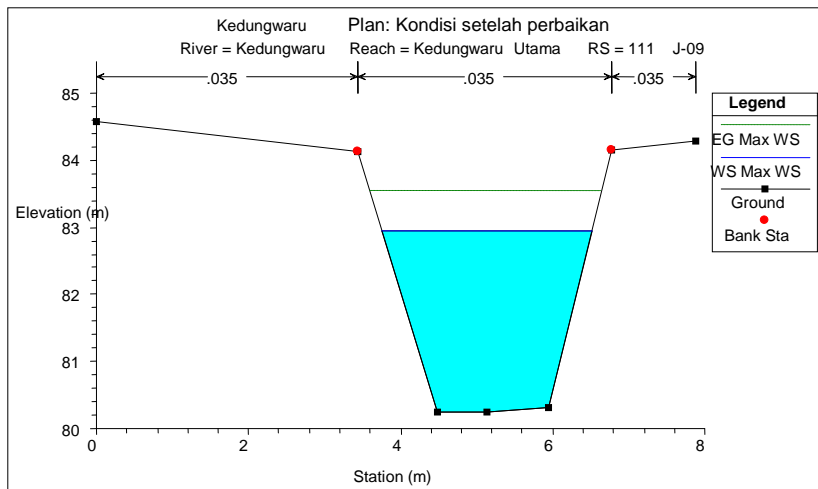


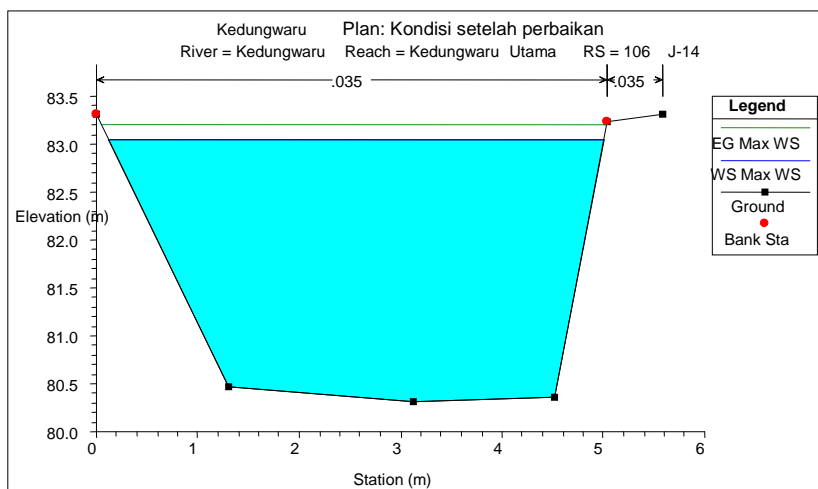
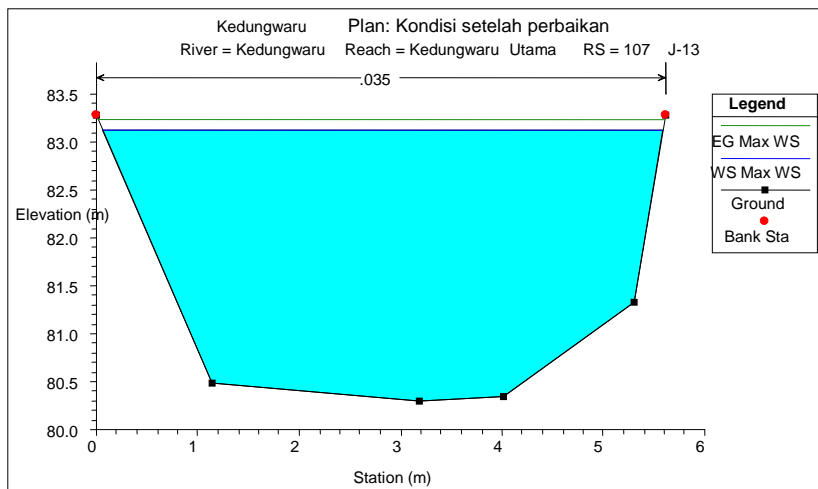
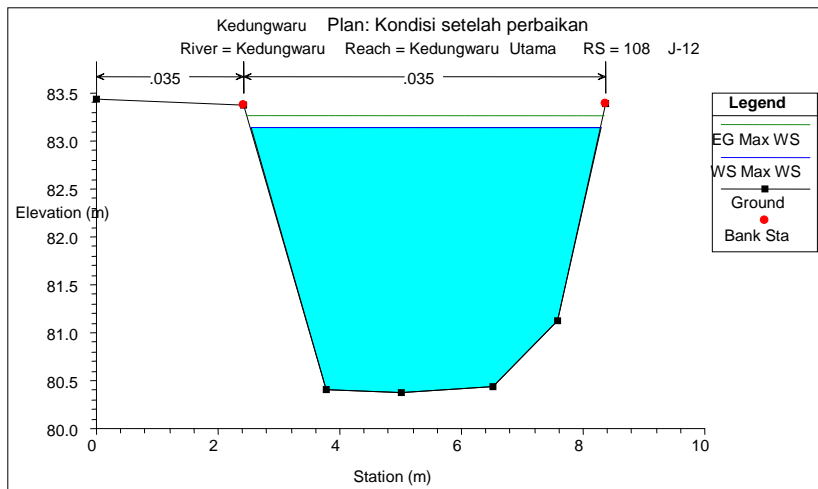
PLAN KONDISI KALI KEDUNGWARU SETELAH PERBAIKAN

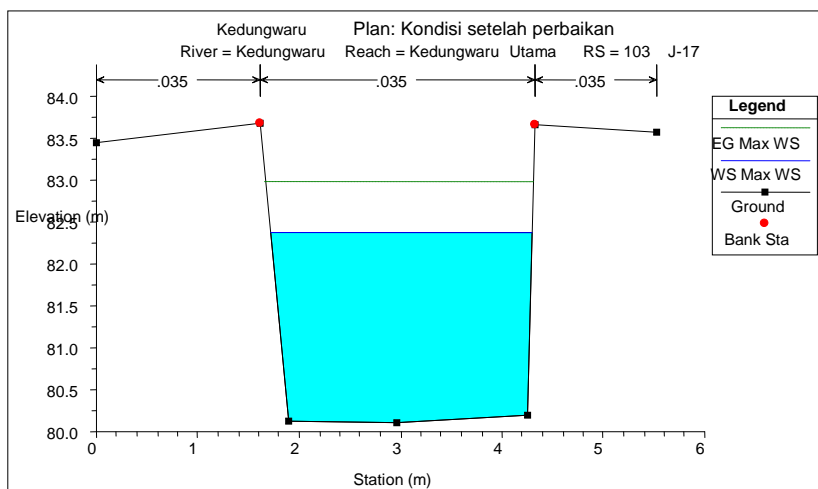
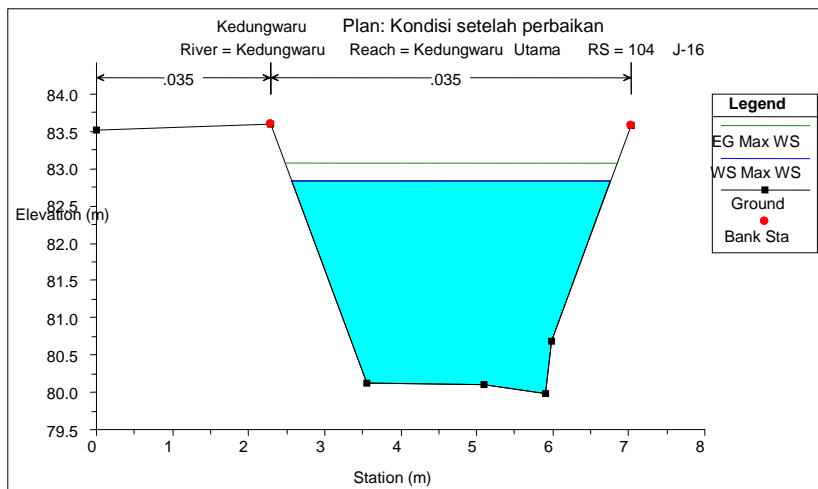
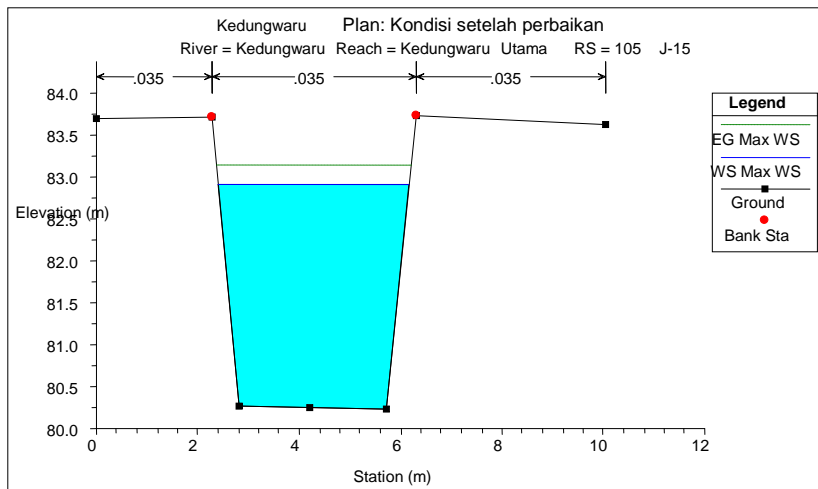


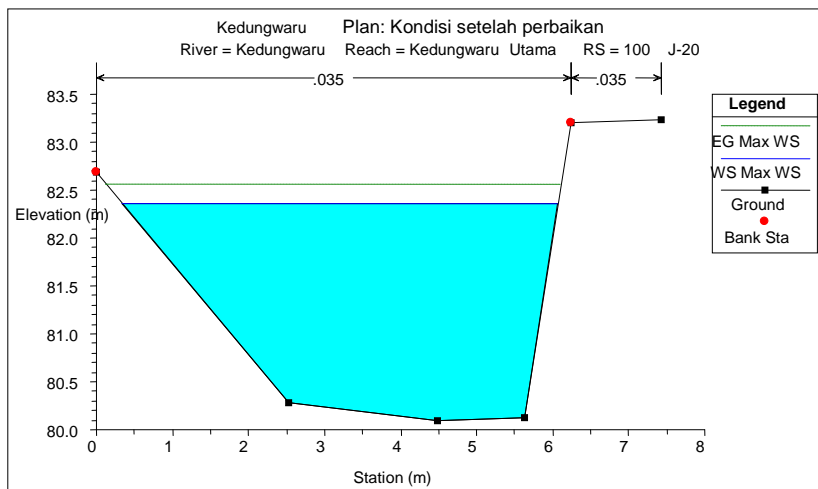
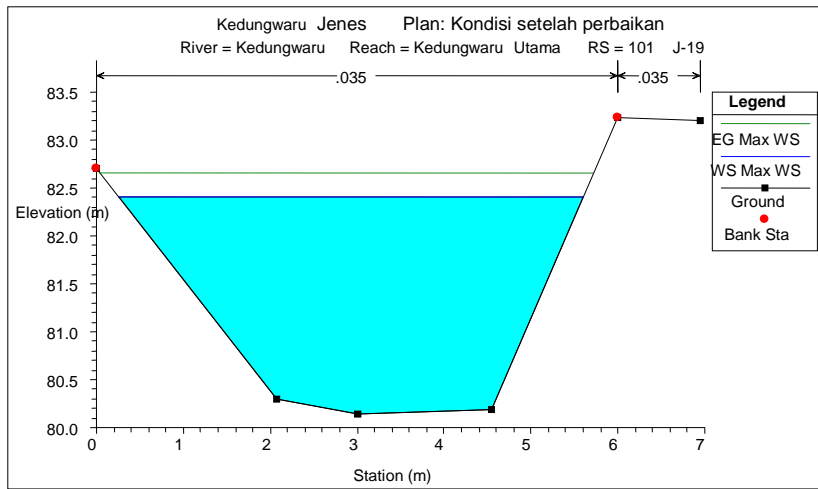
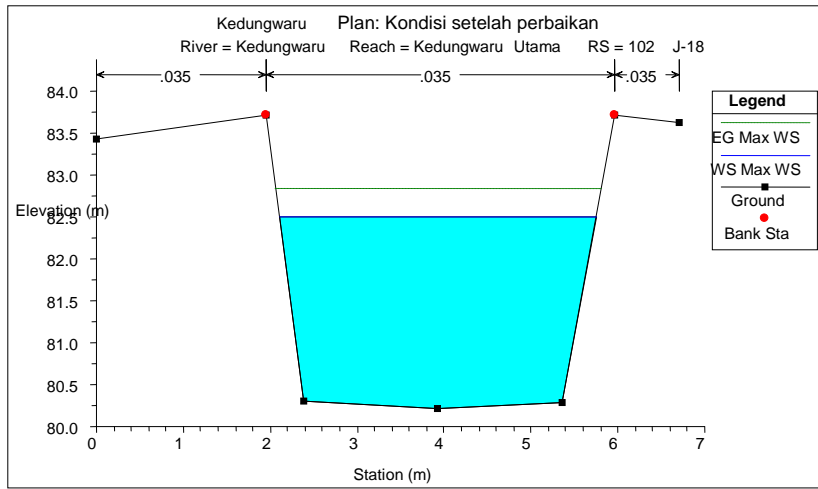


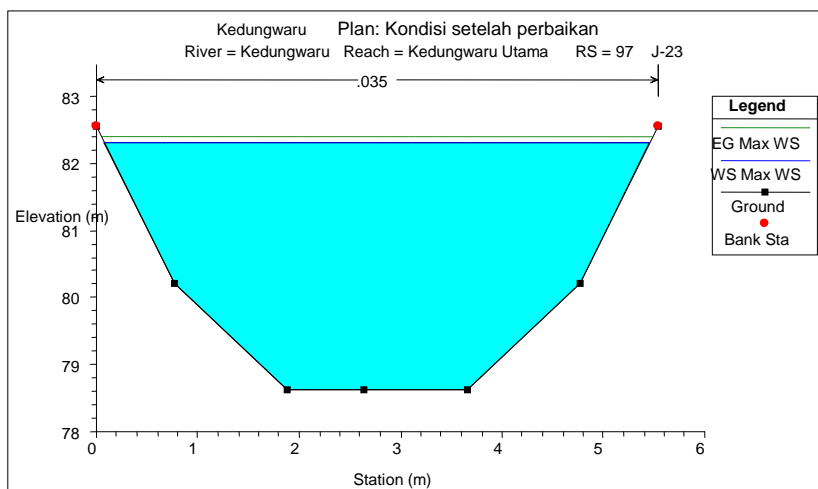
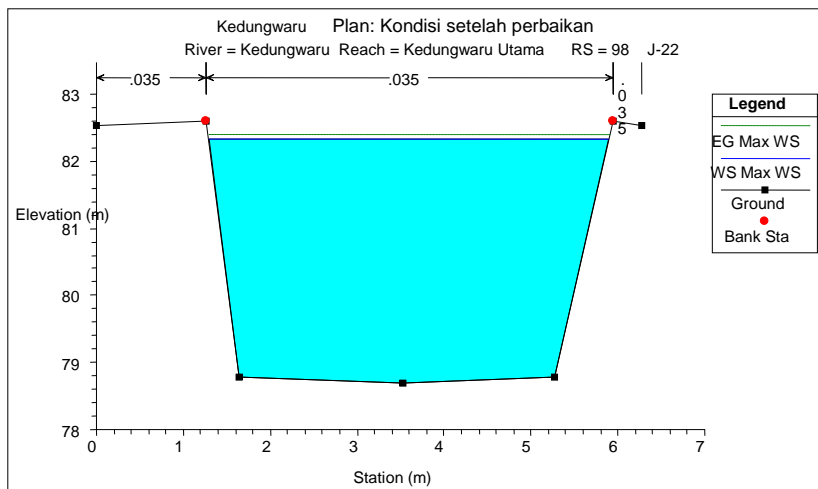
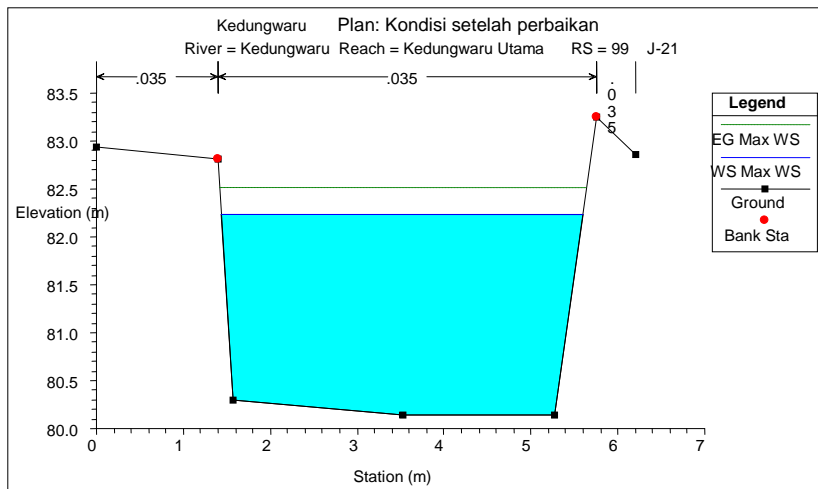




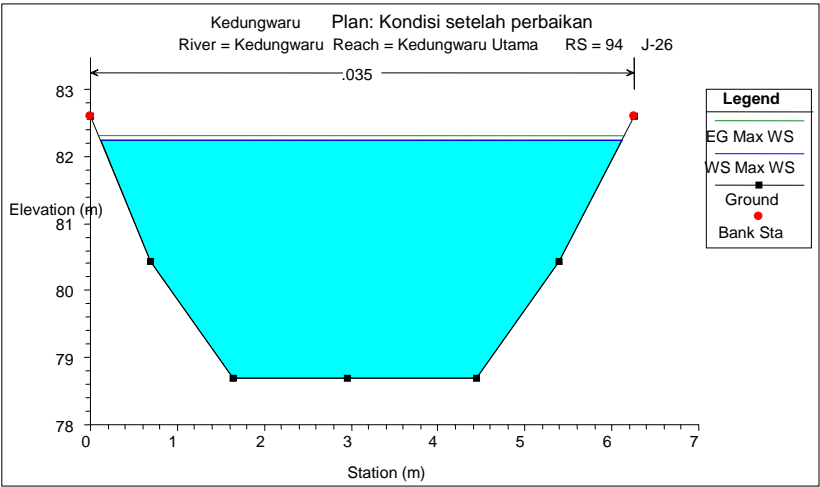
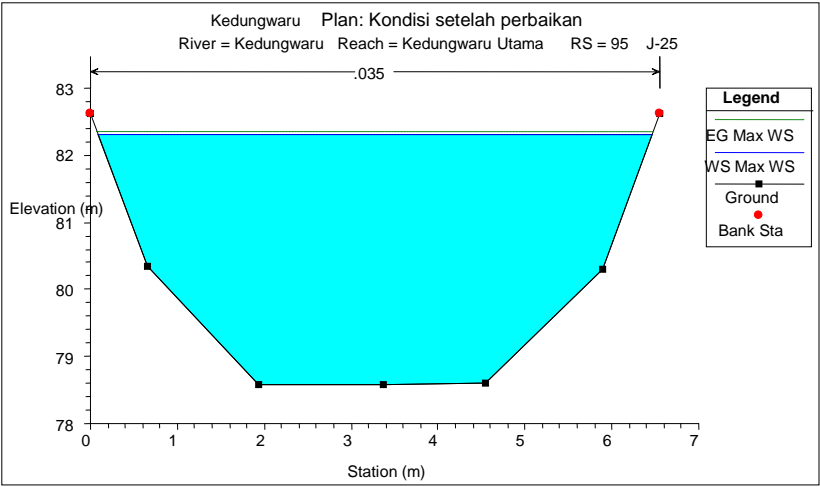
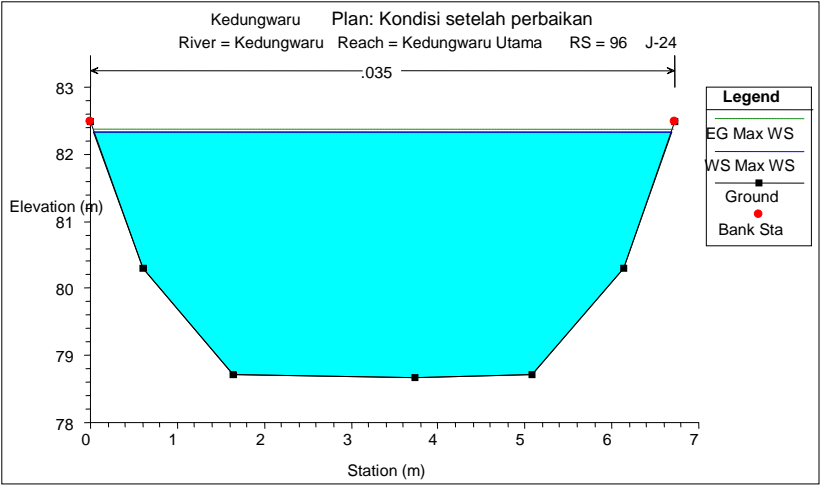


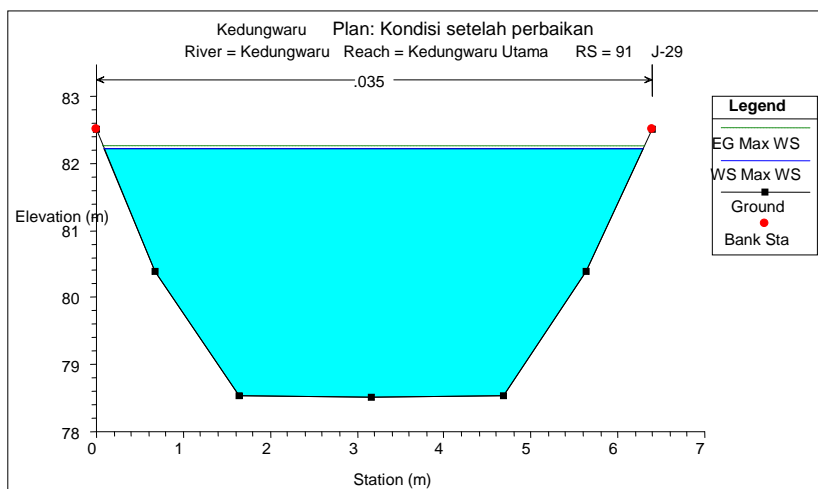
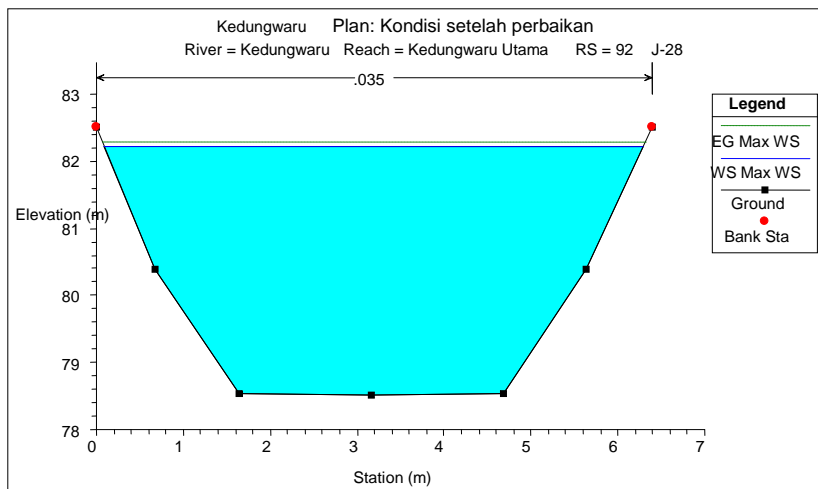
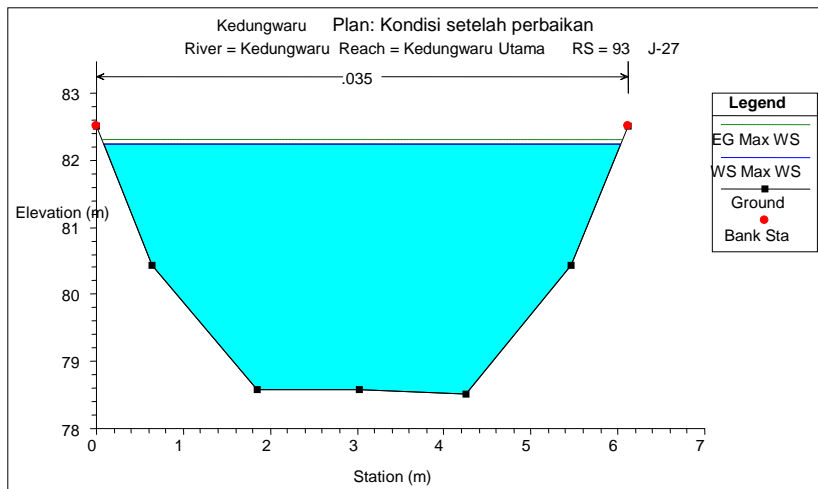


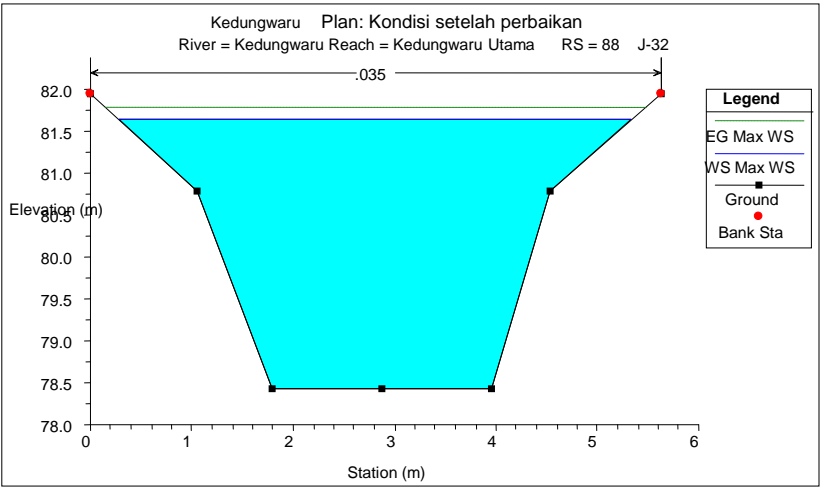
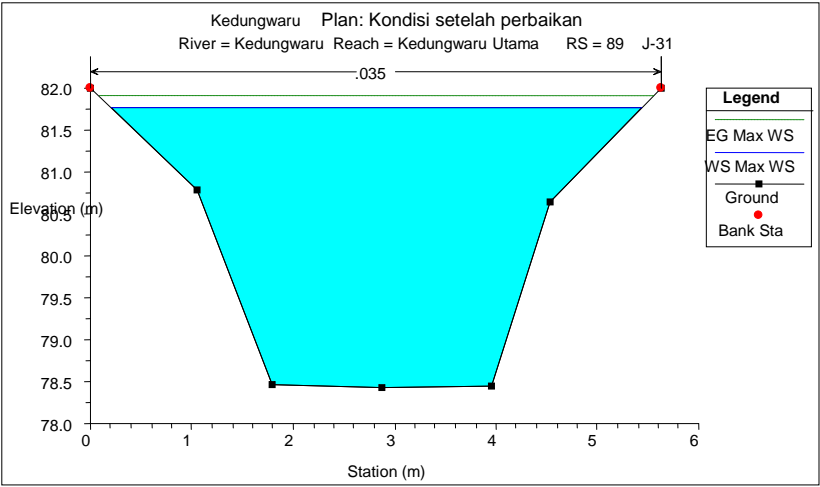
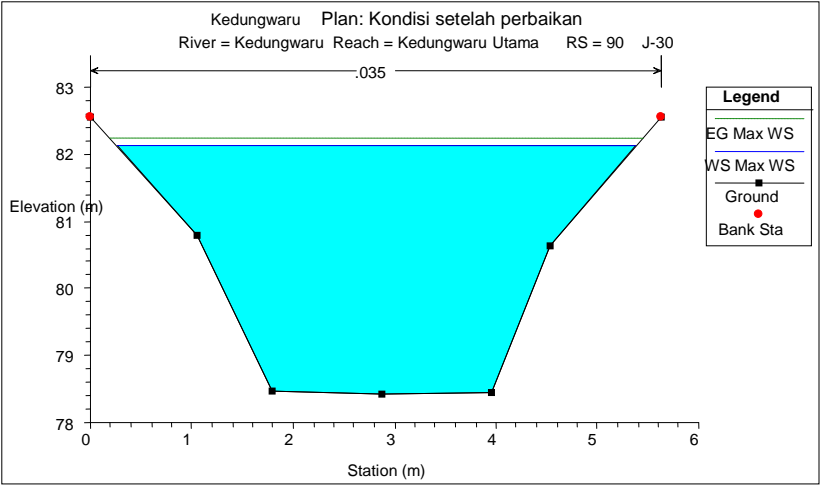


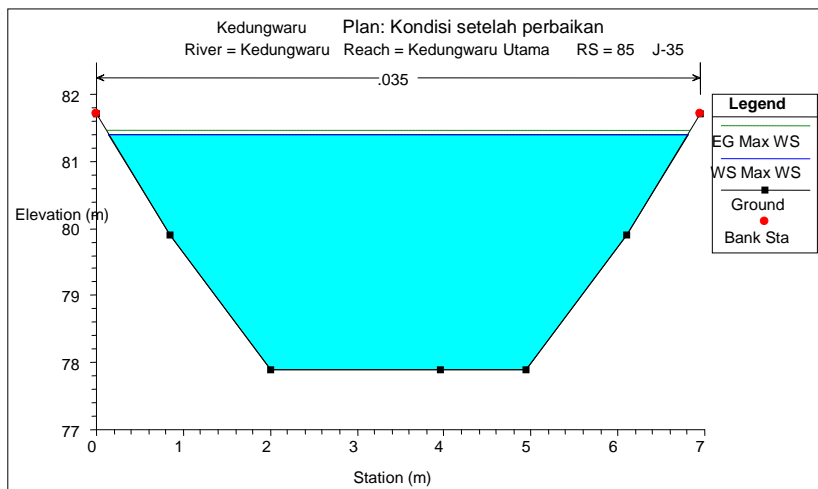
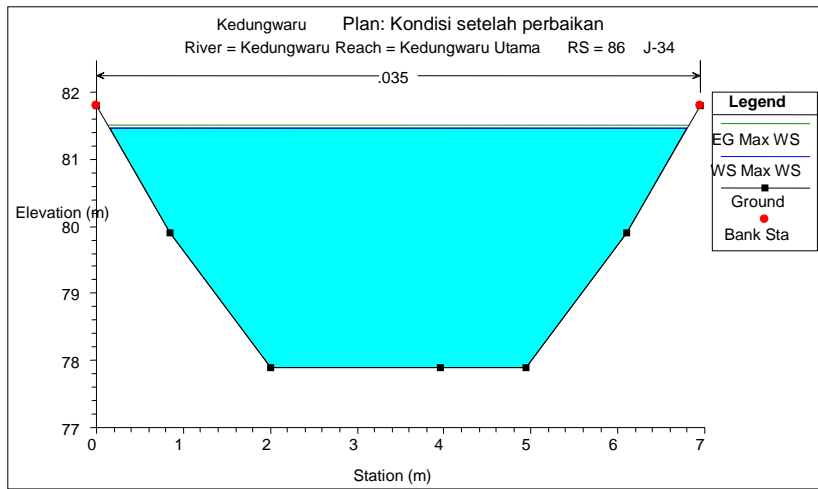
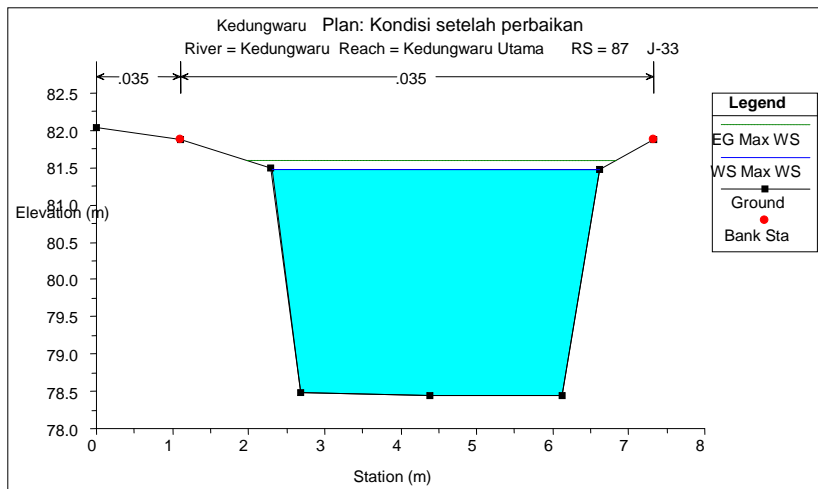


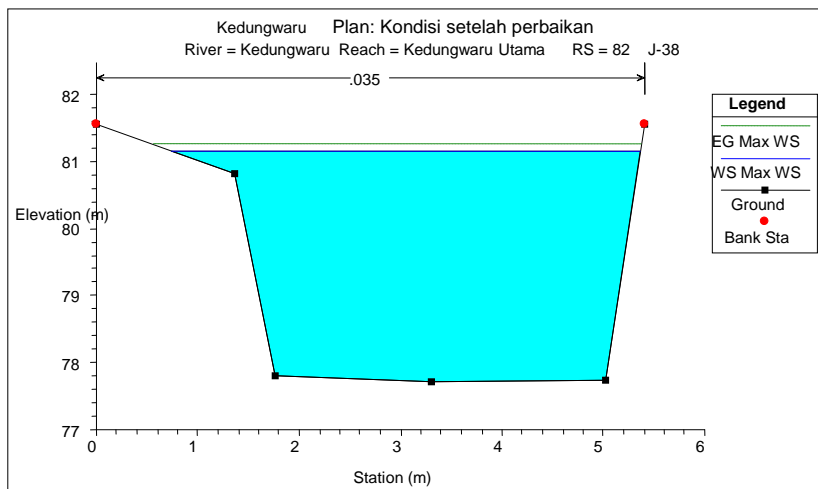
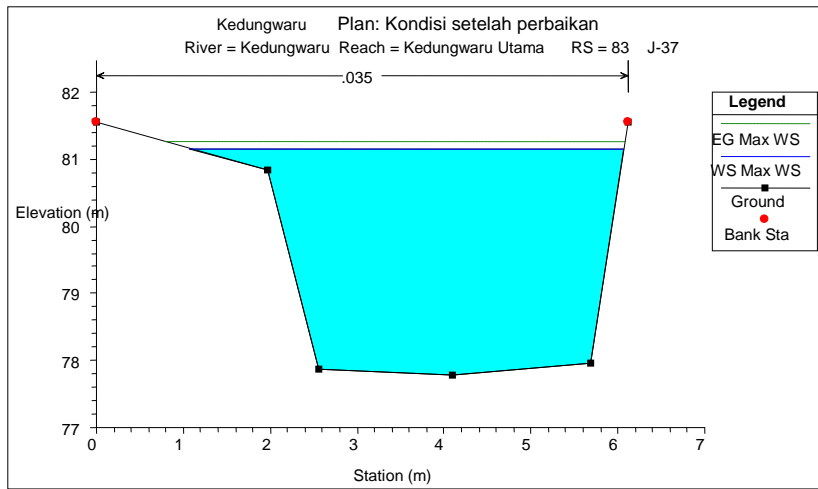
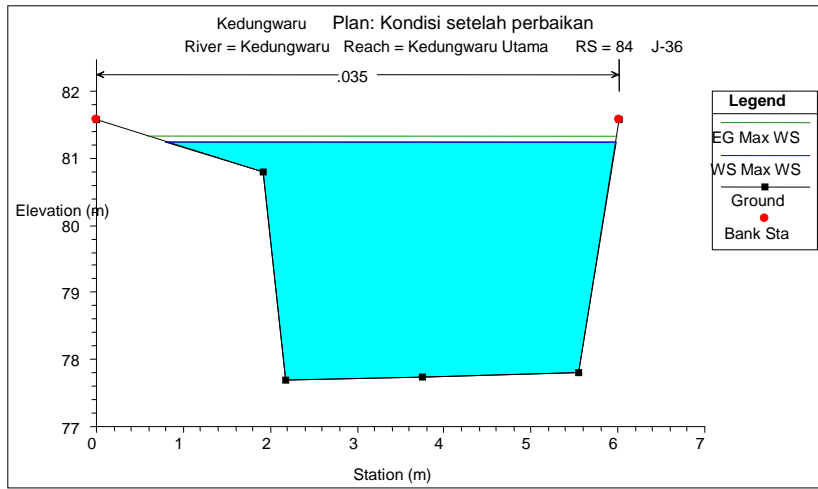


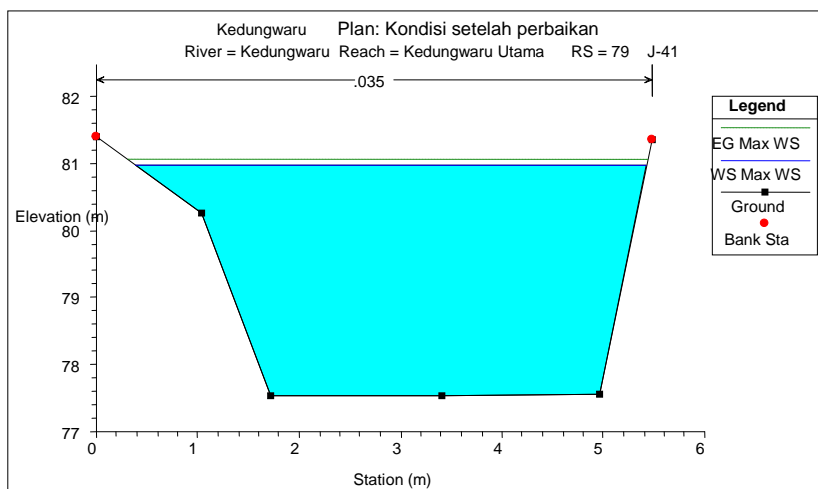
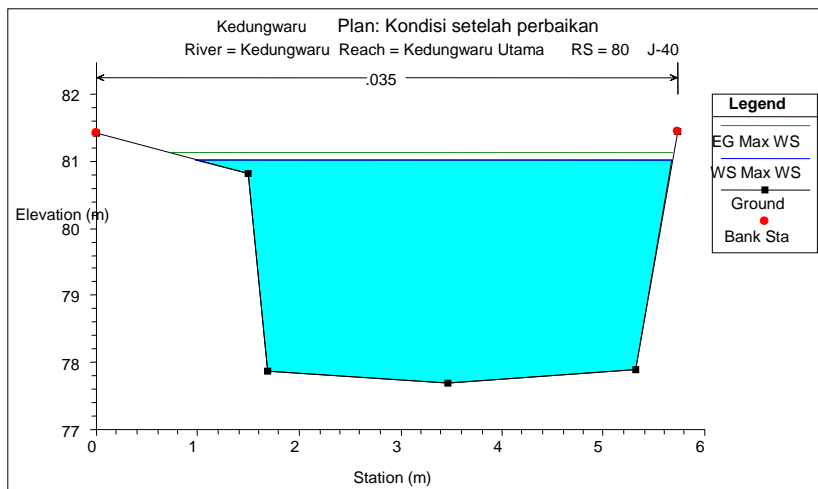
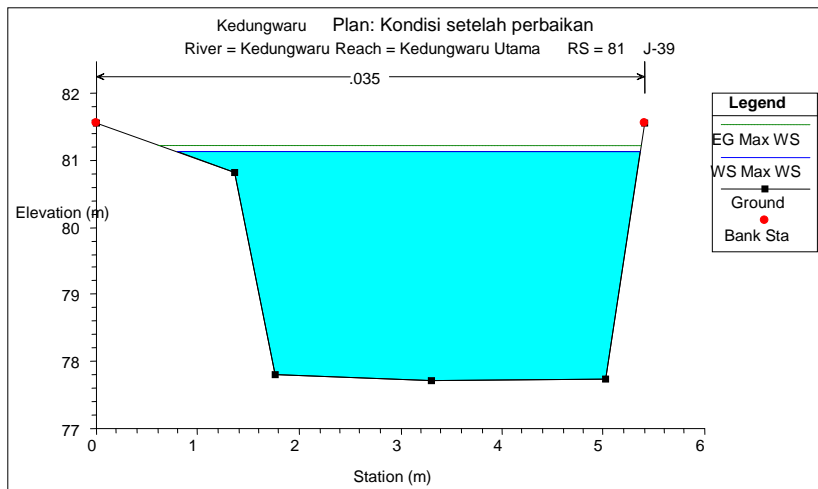


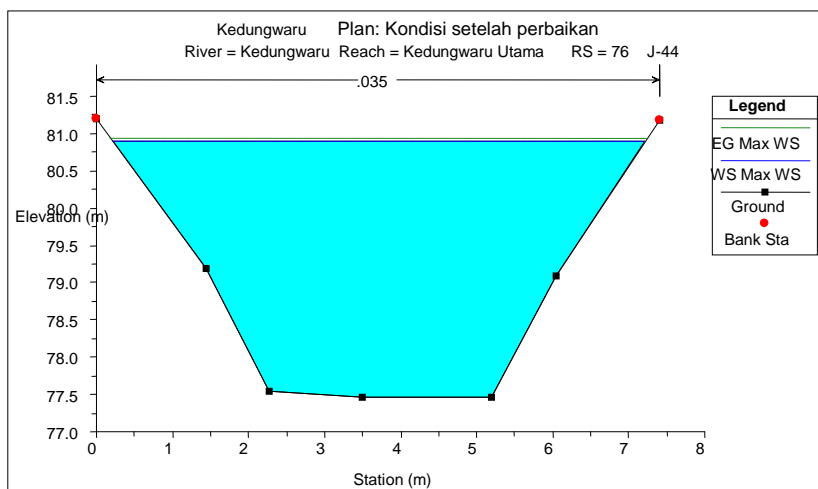
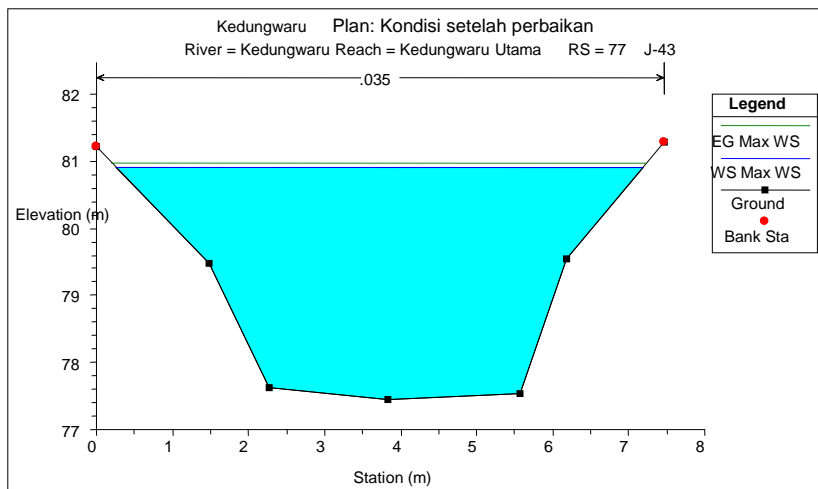
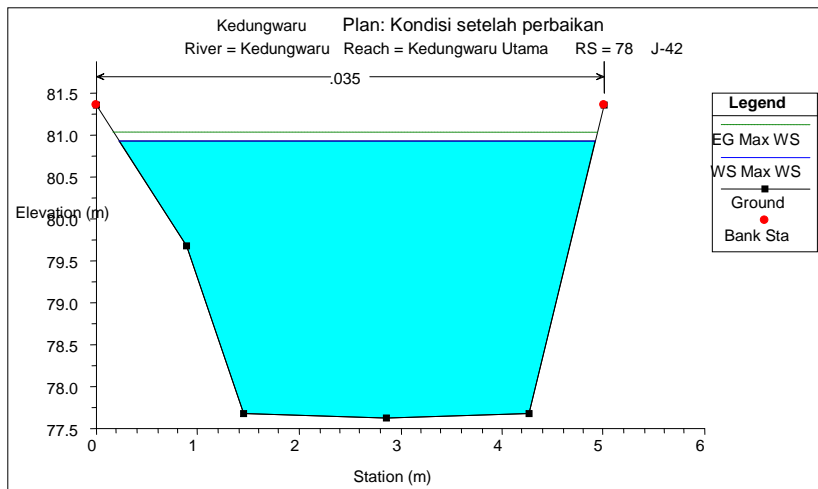


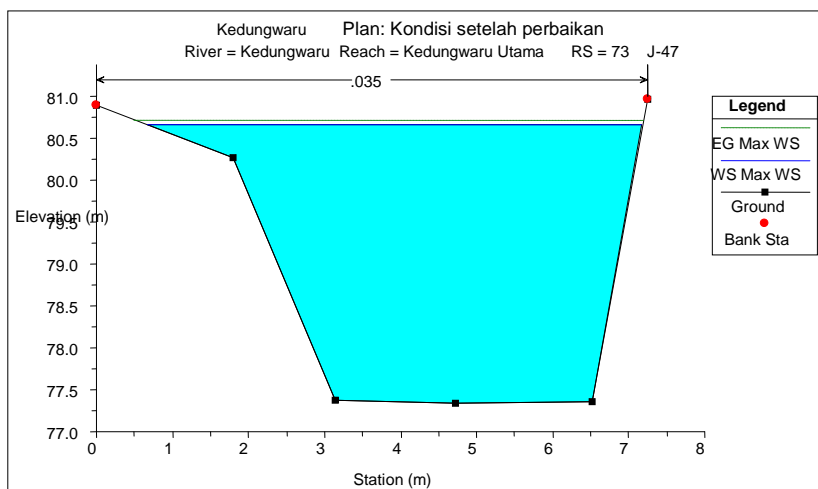
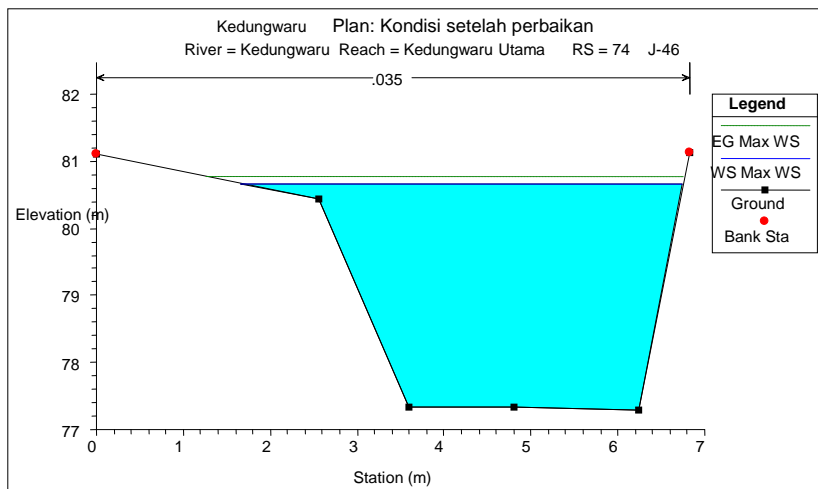
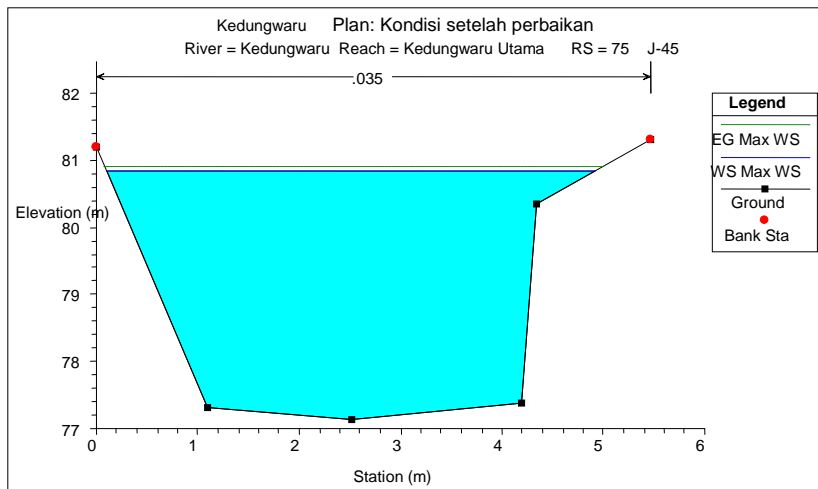




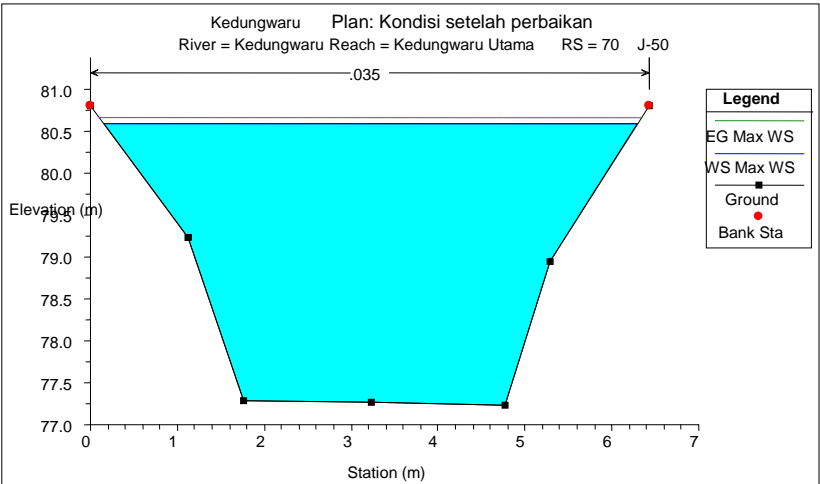
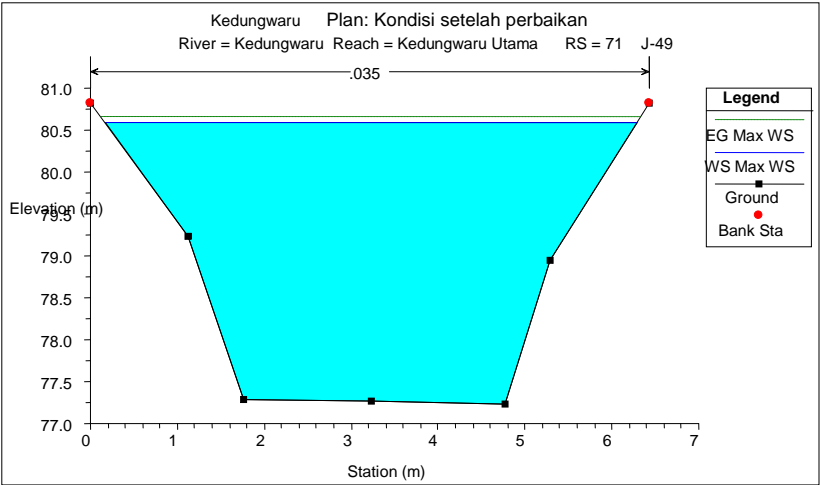
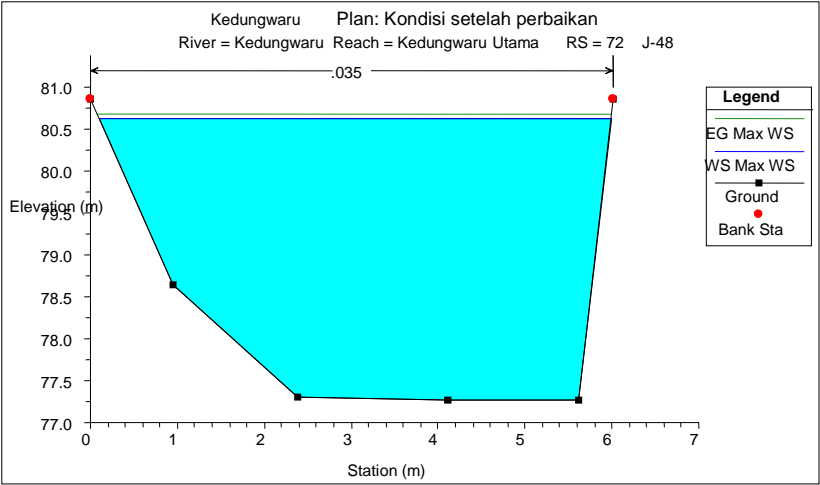


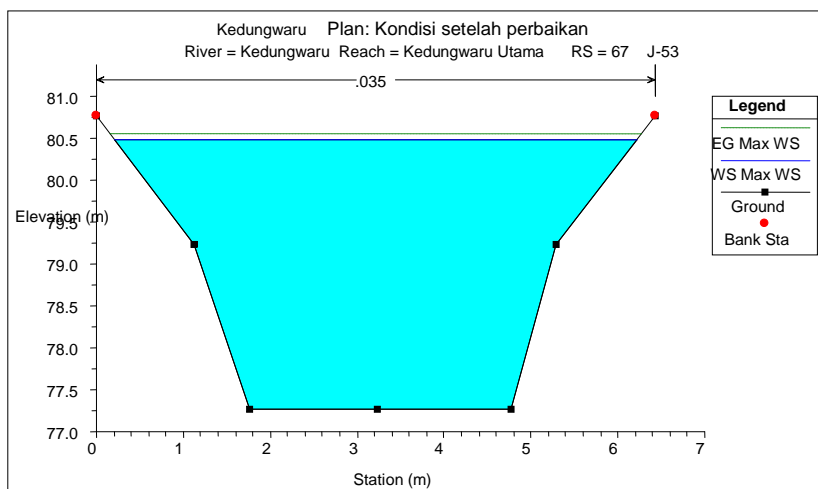
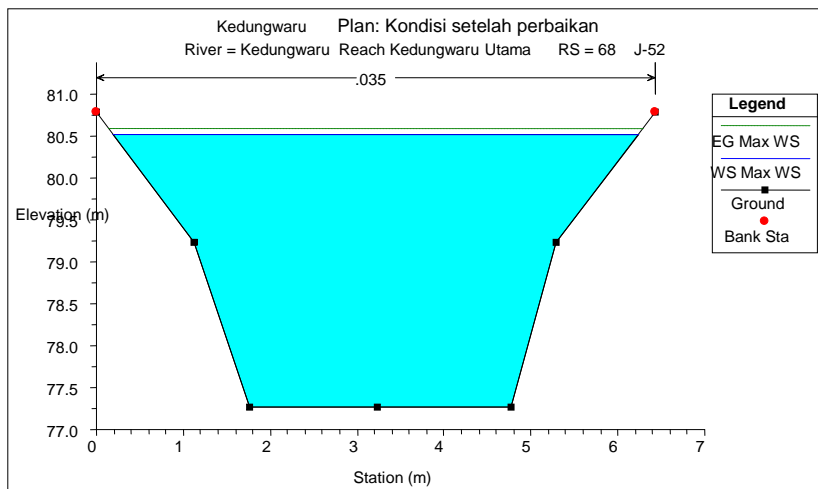
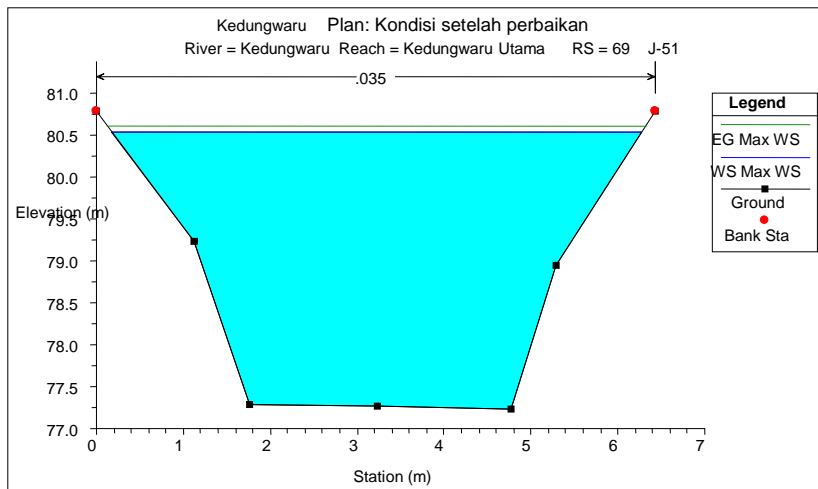


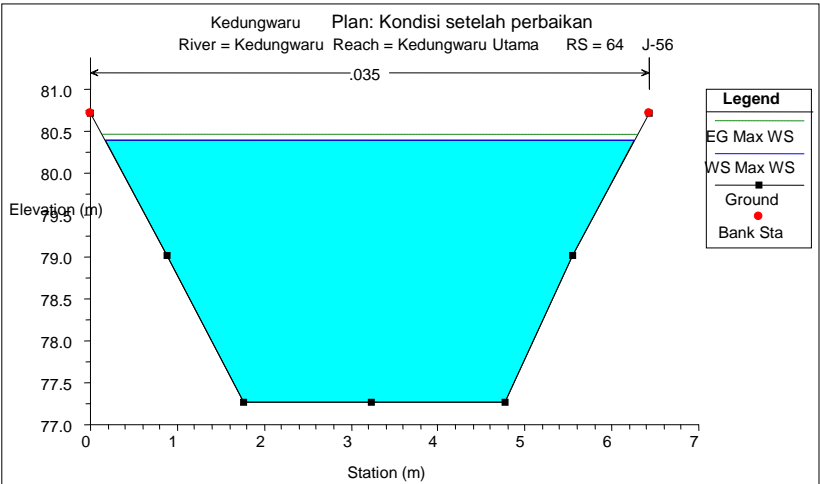
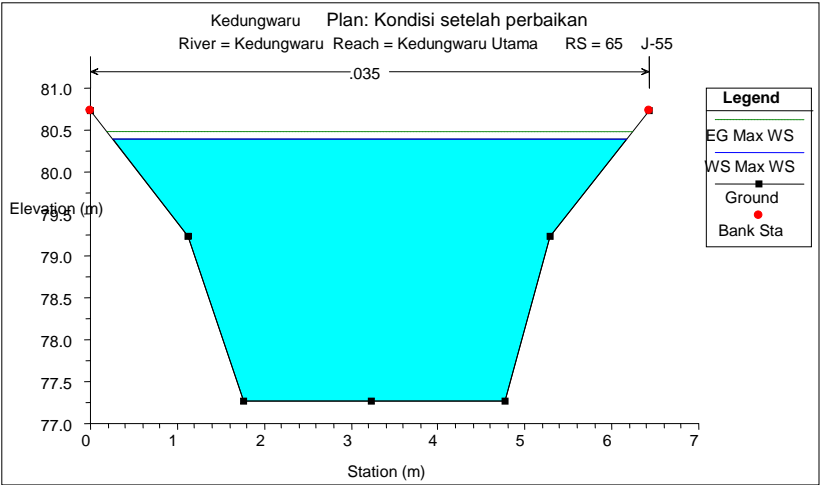
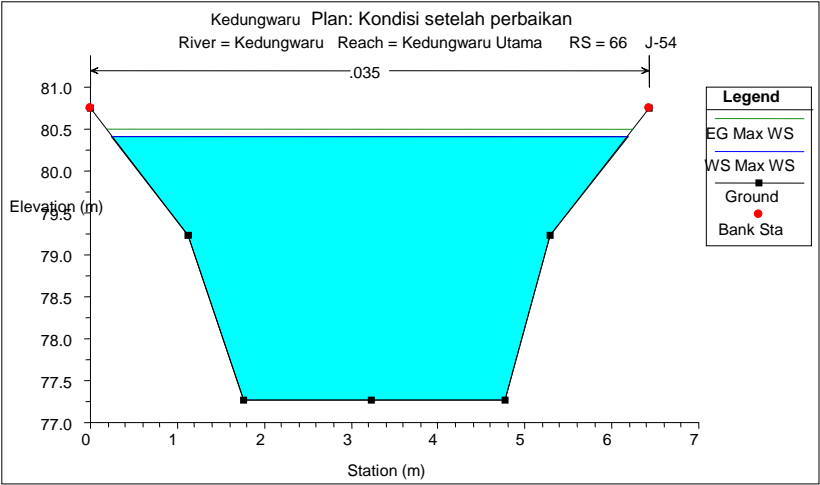


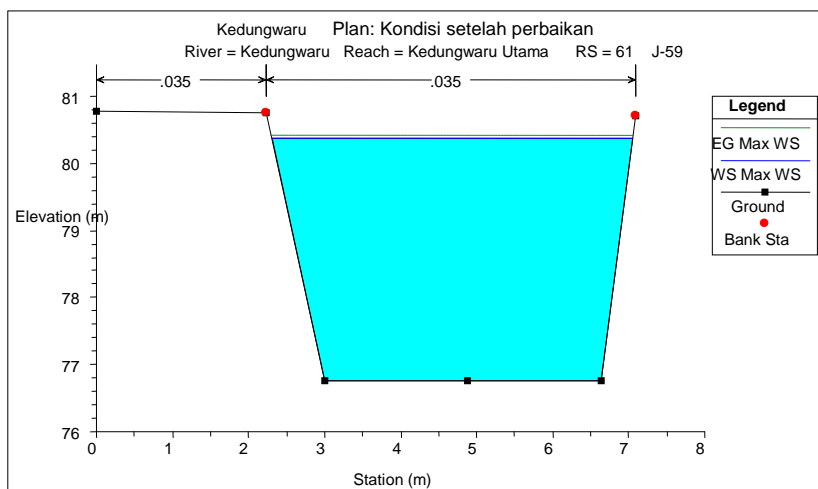
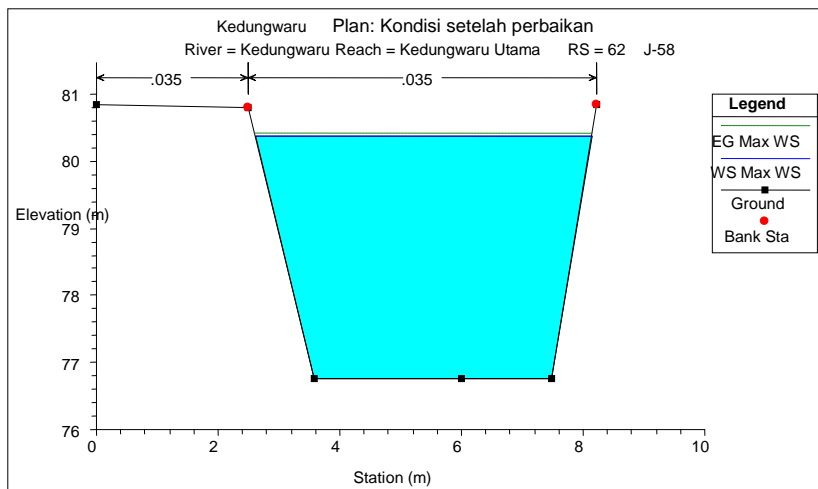
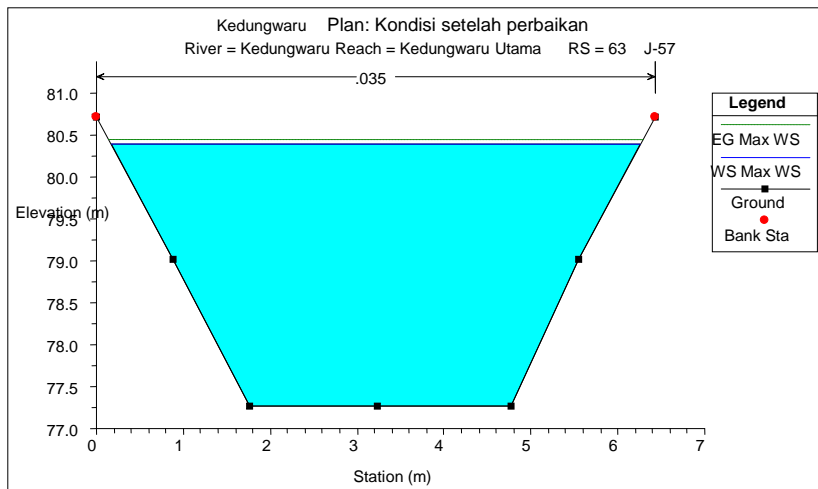


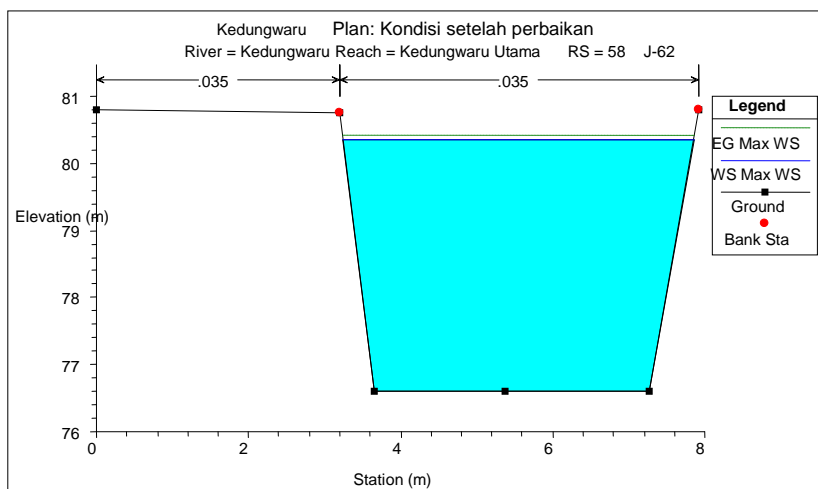
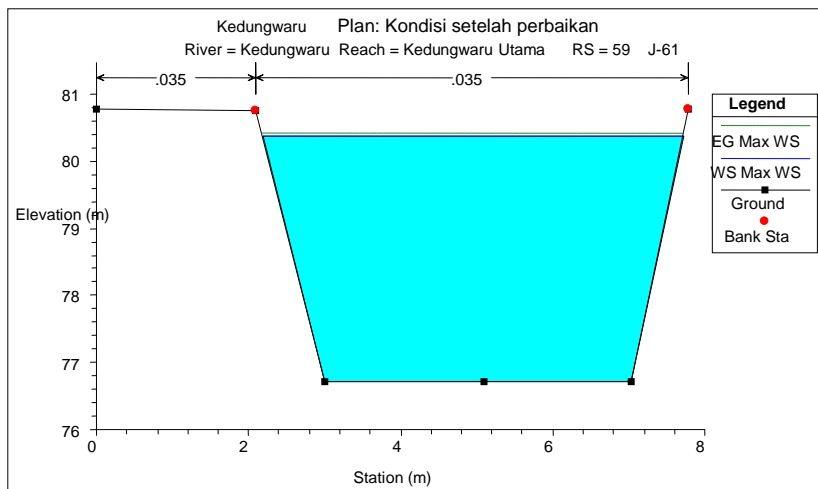
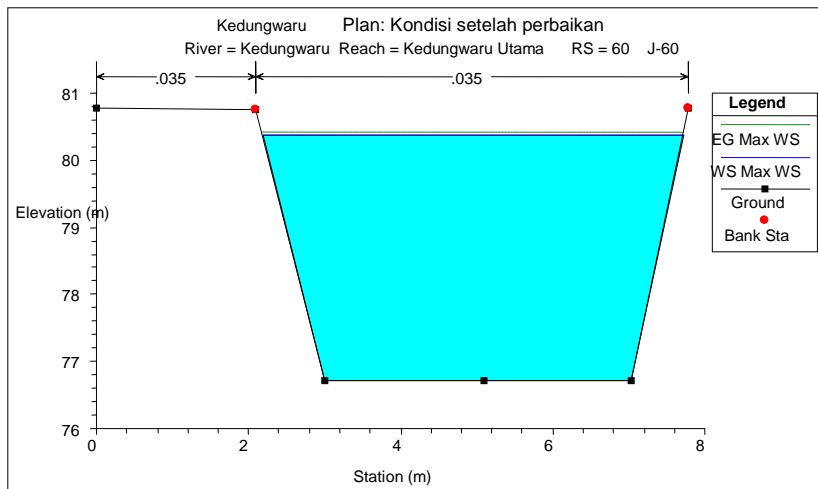


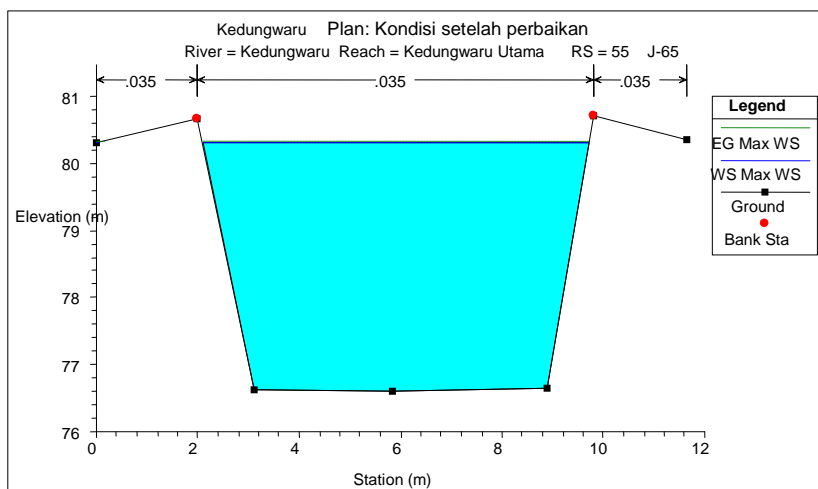
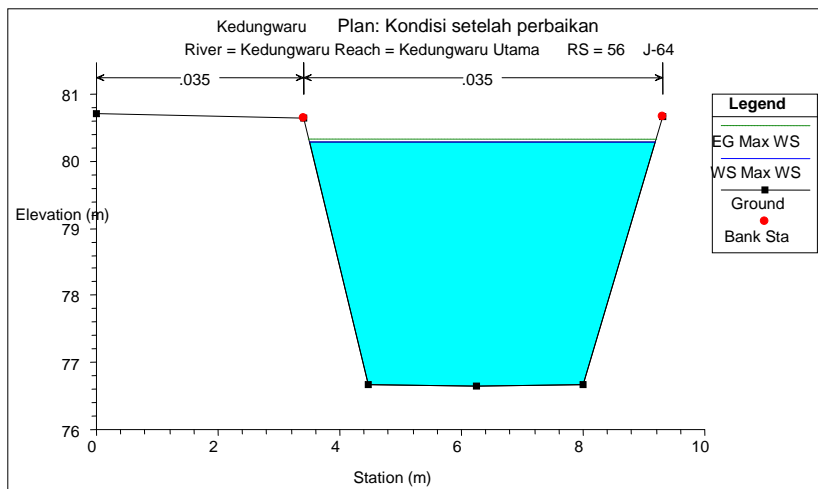
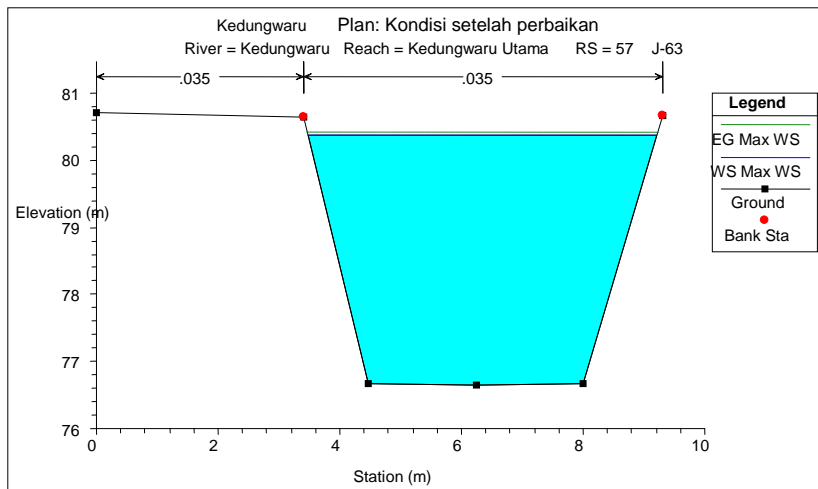


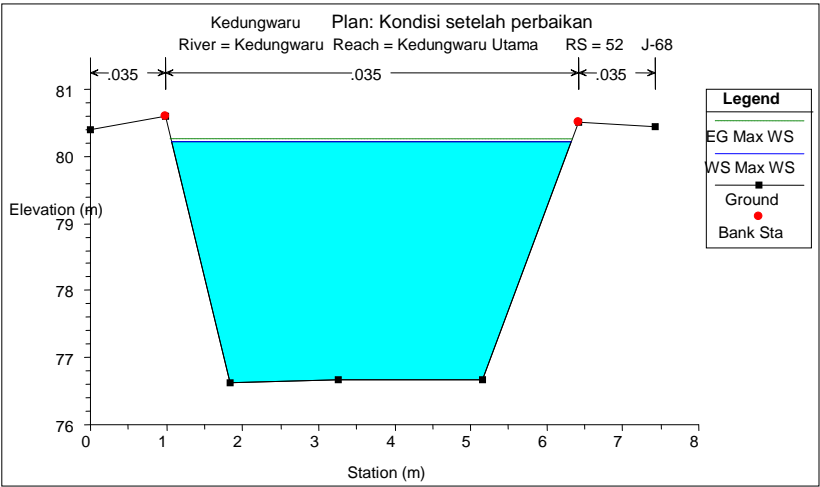
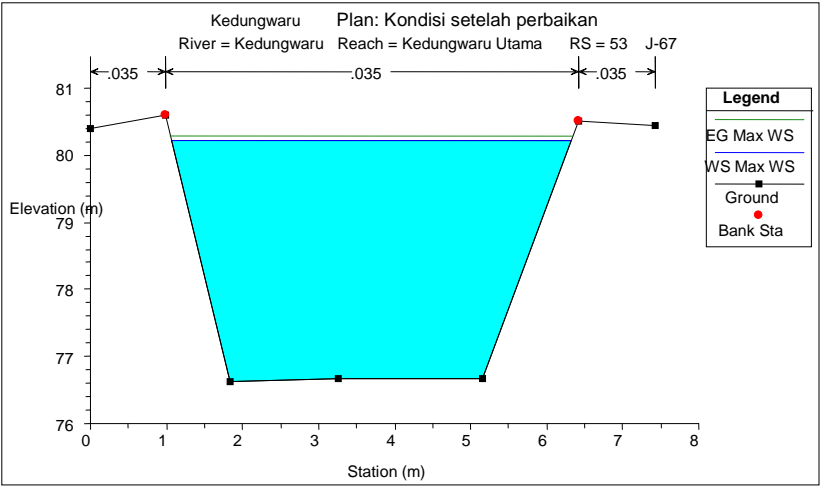
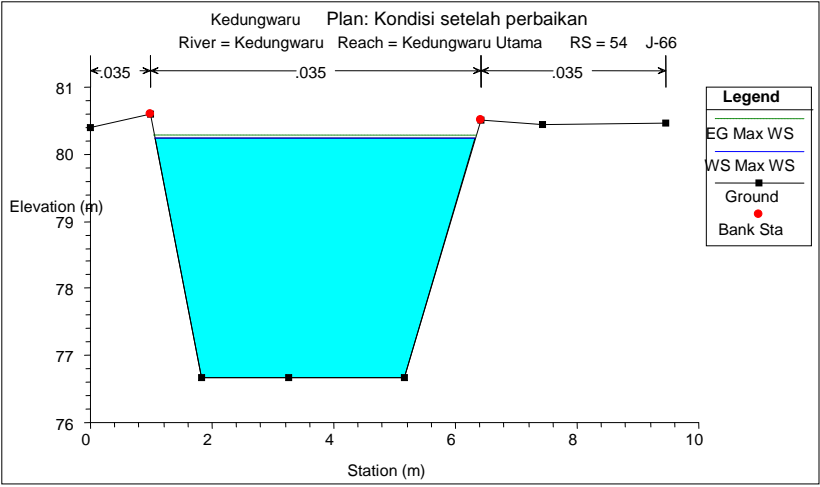


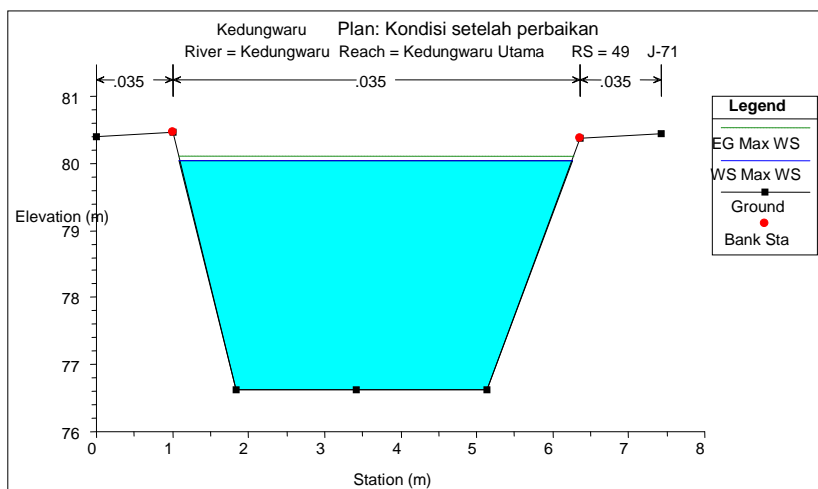
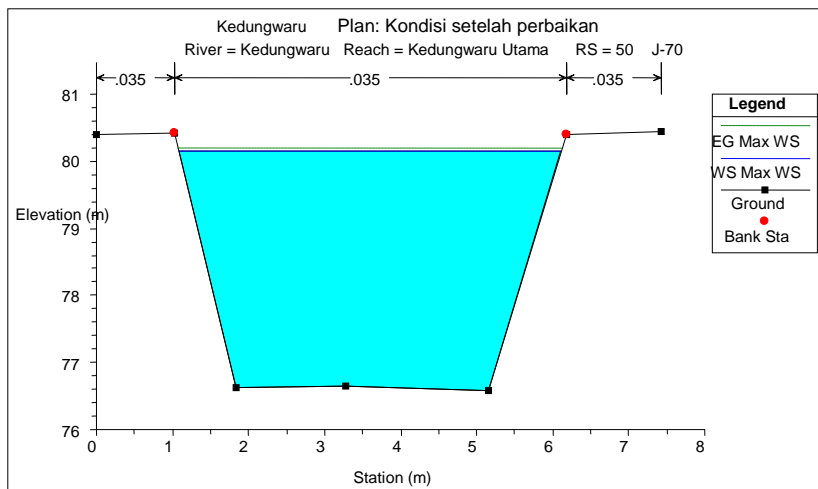
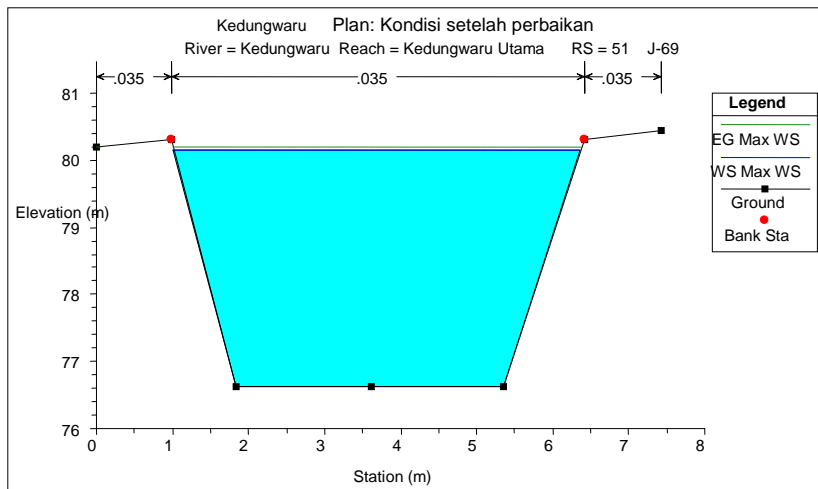




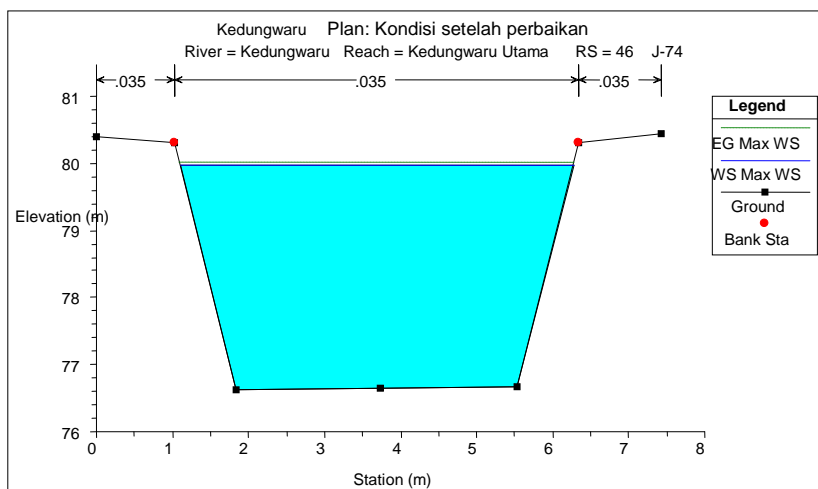
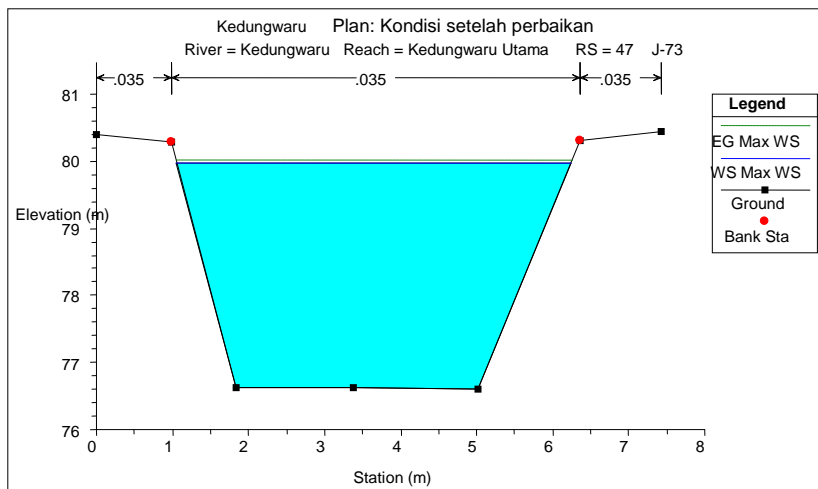
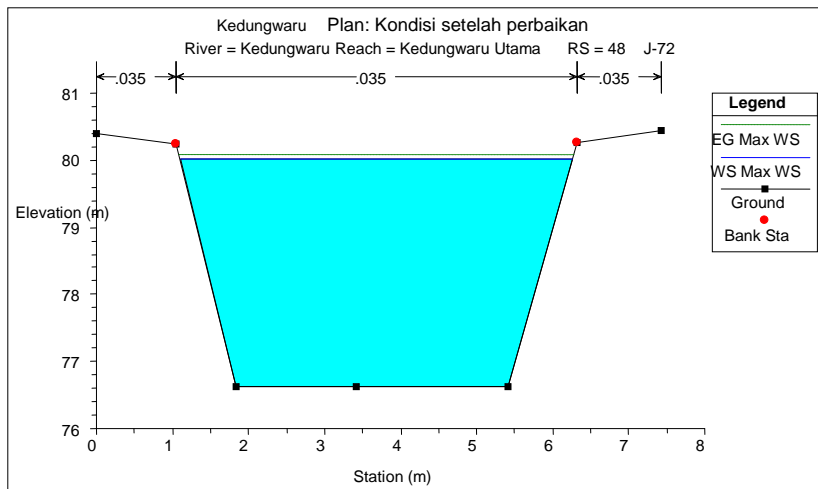


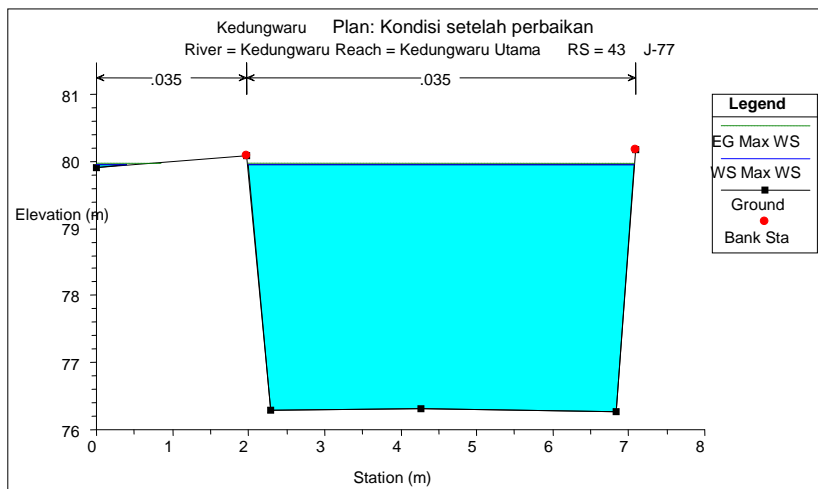
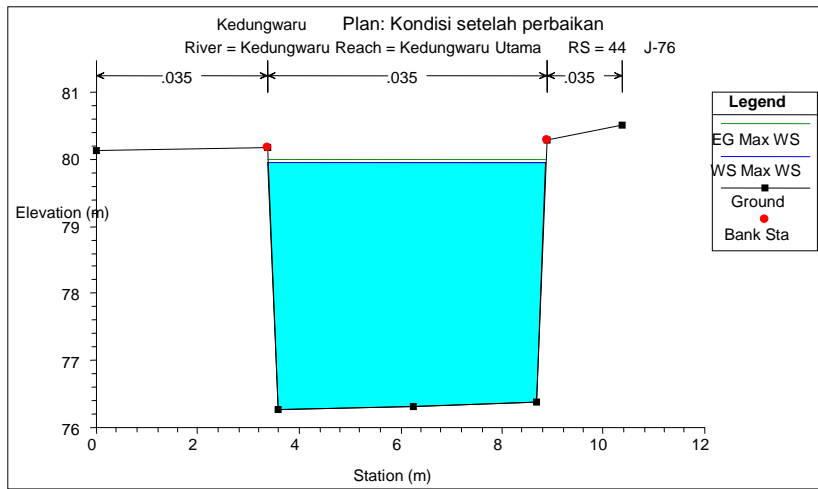
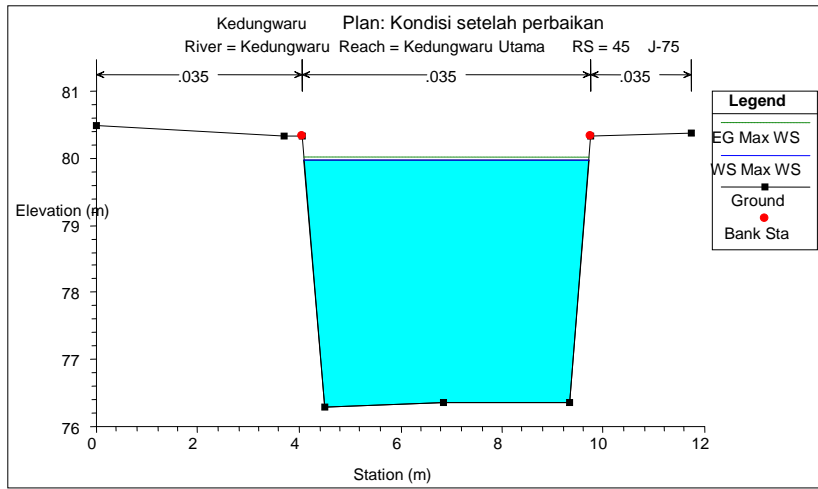


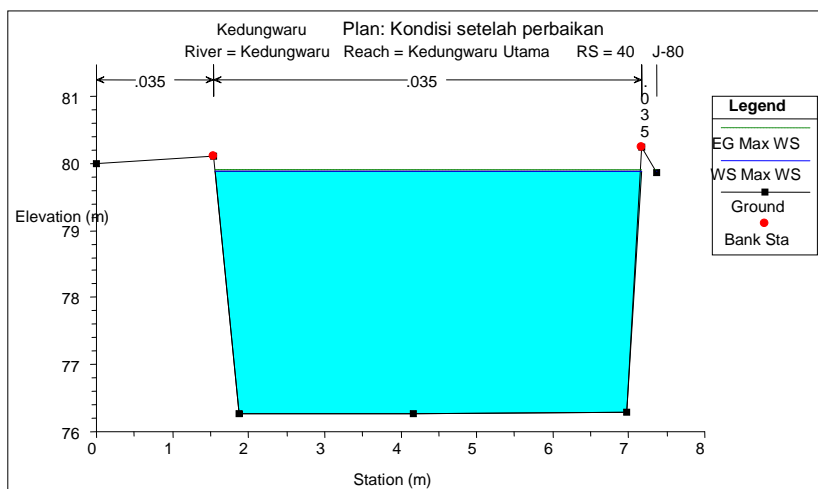
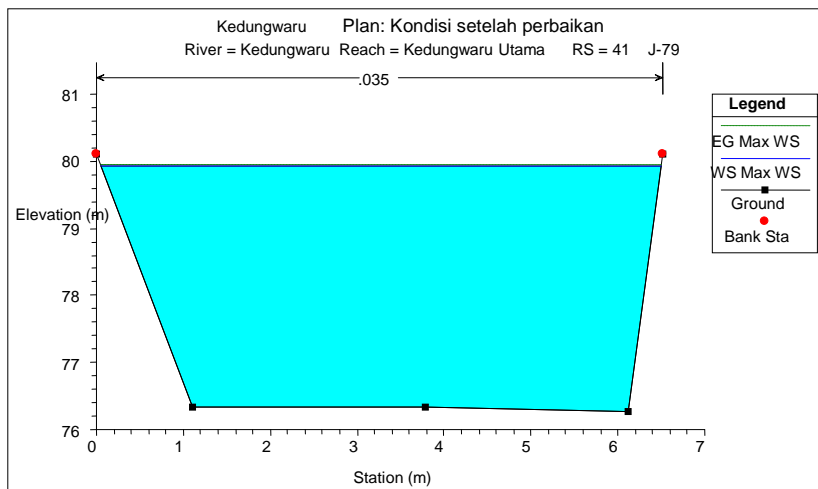
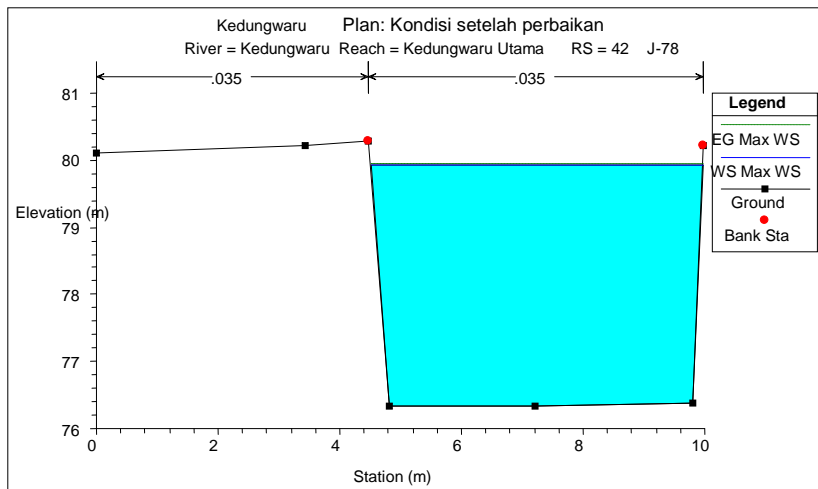


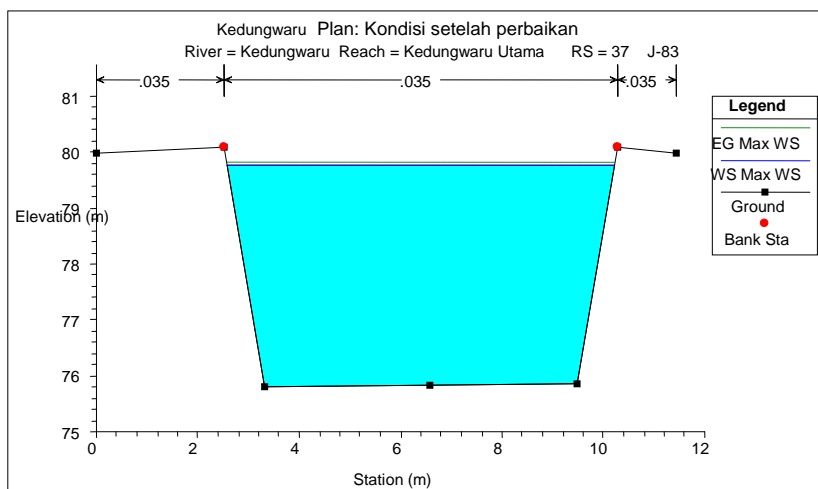
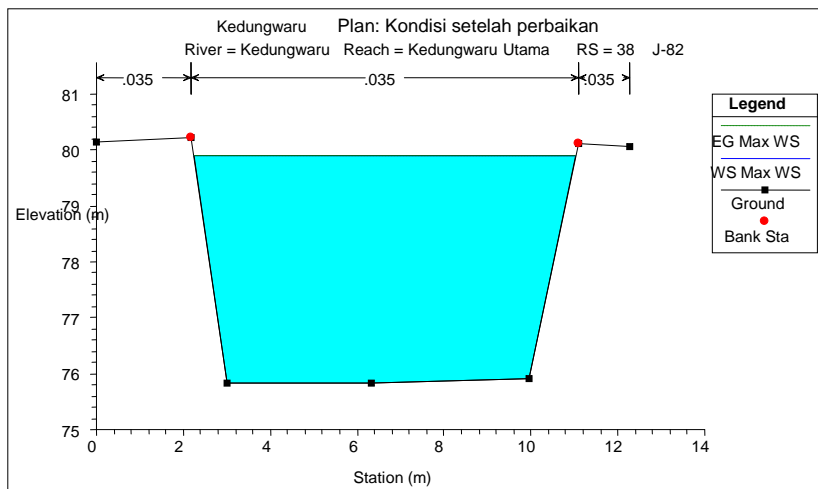
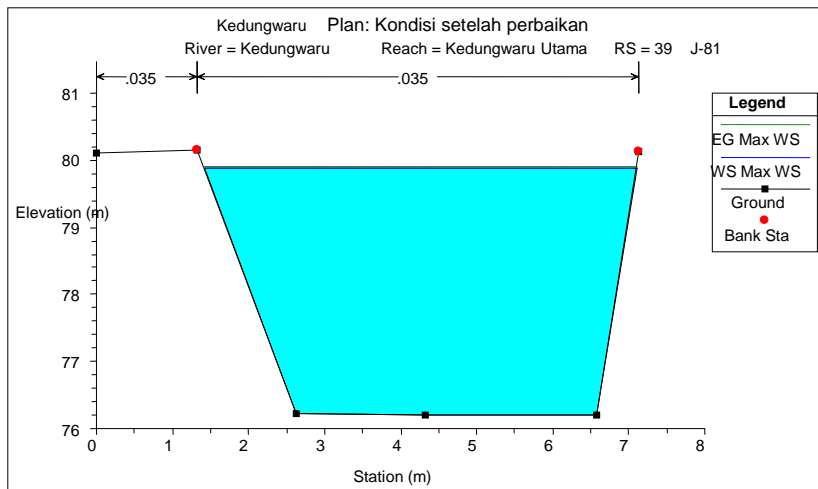


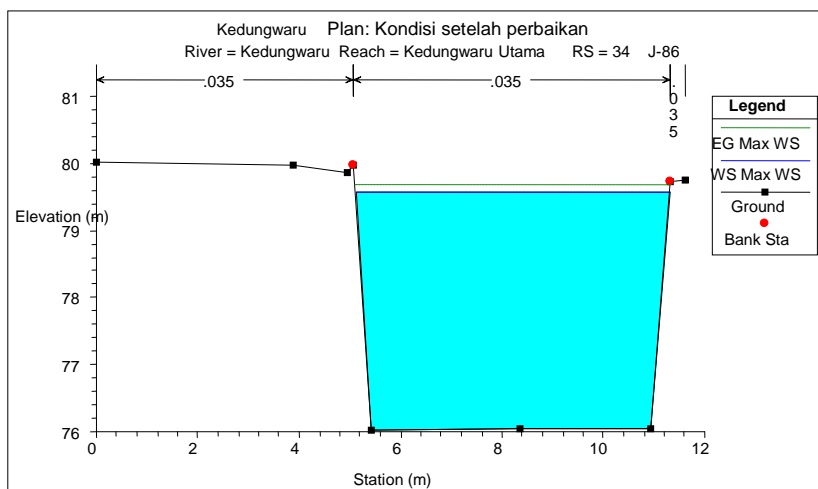
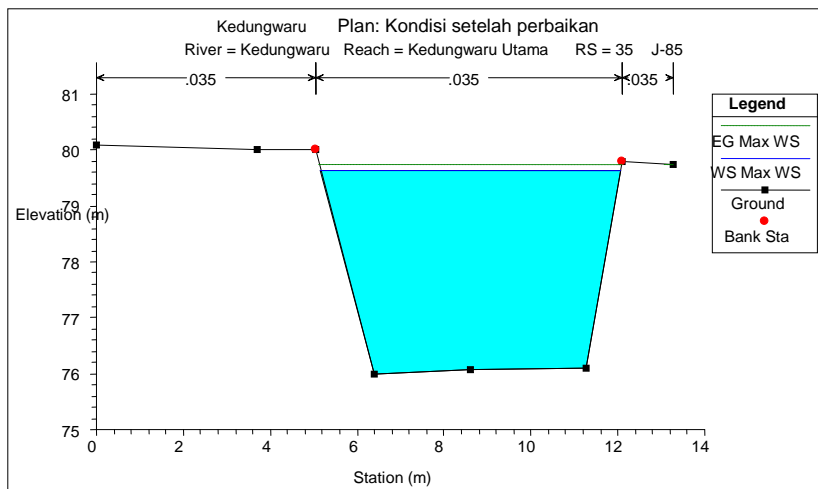
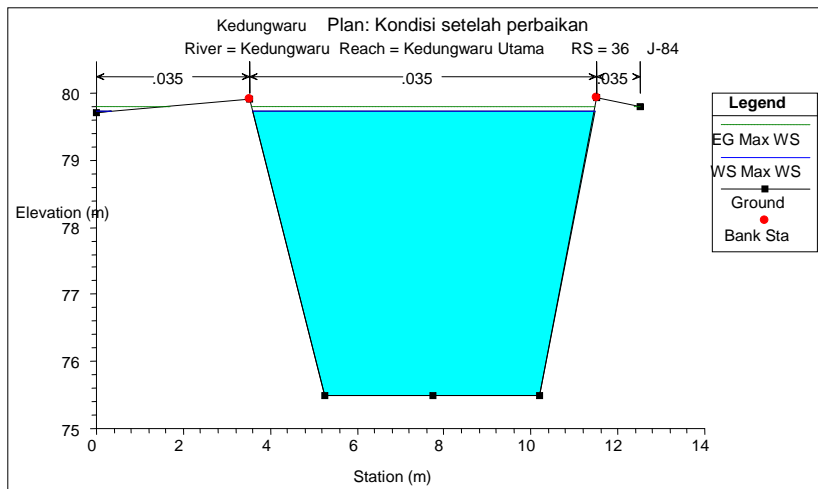


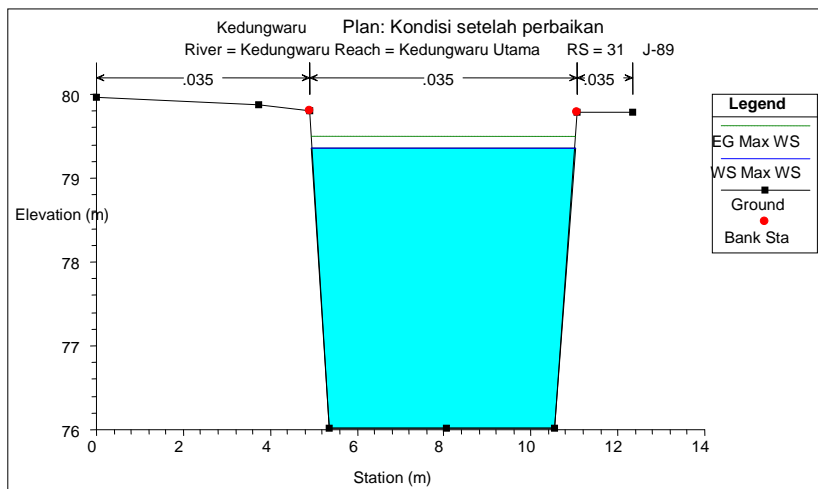
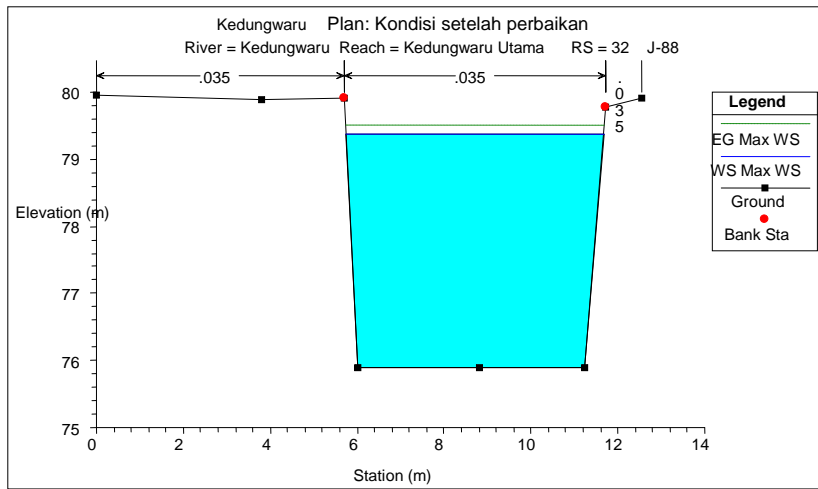
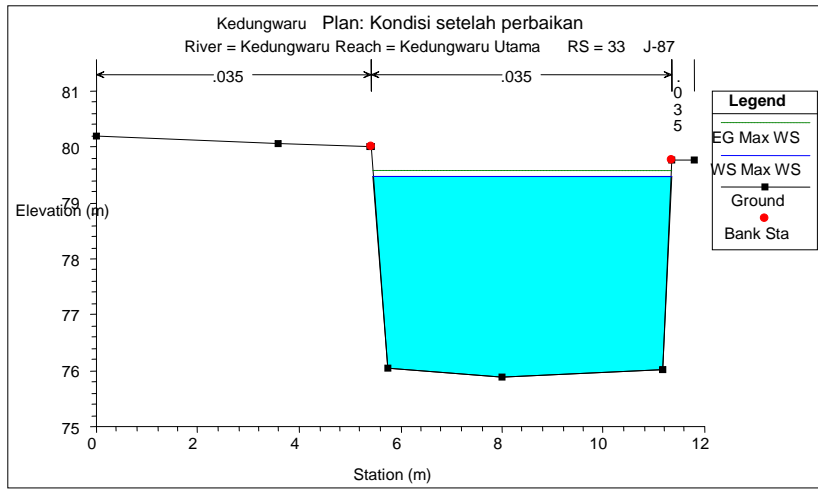


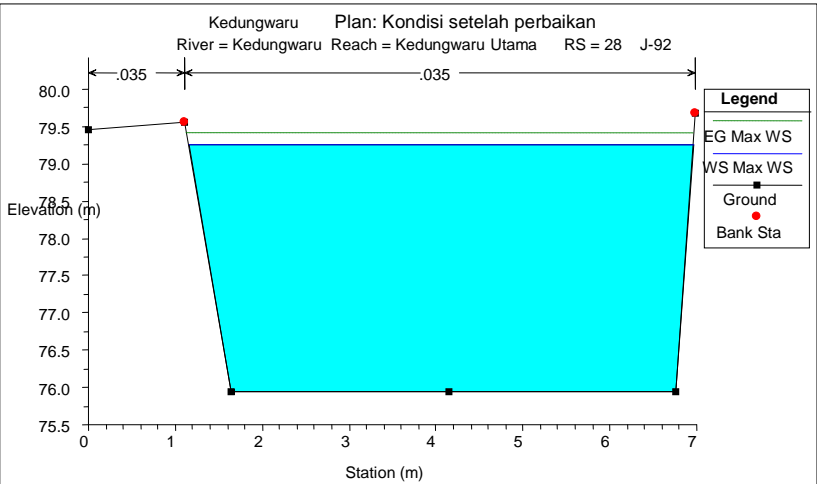
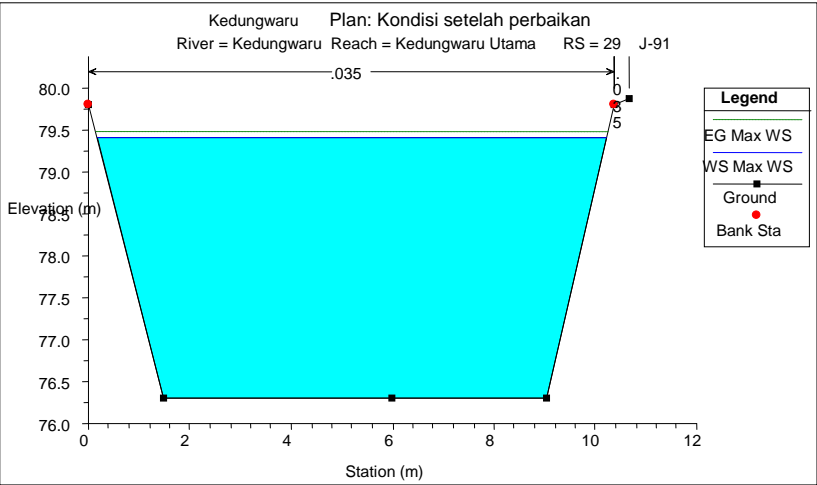
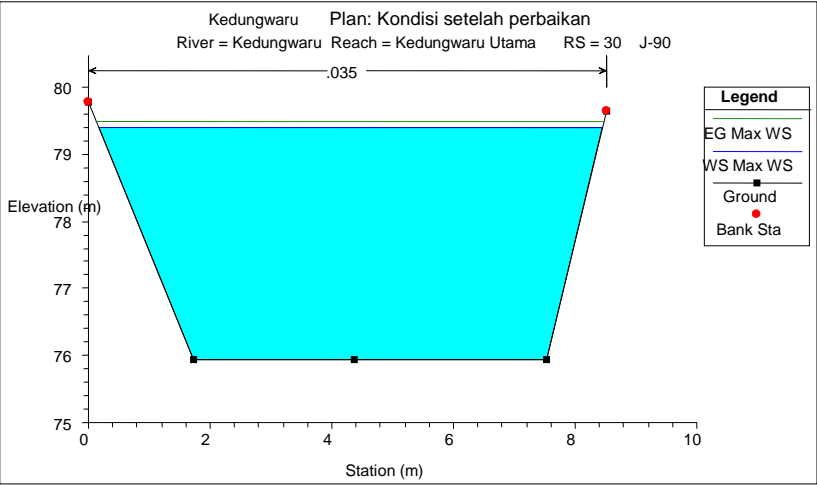


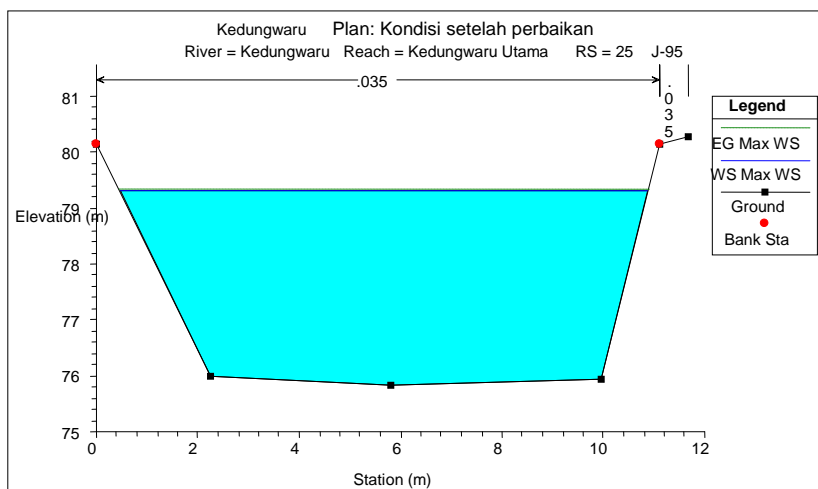
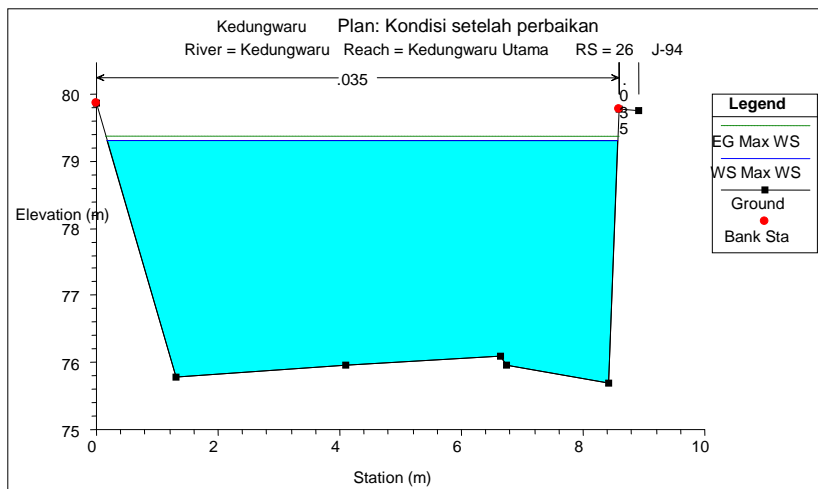
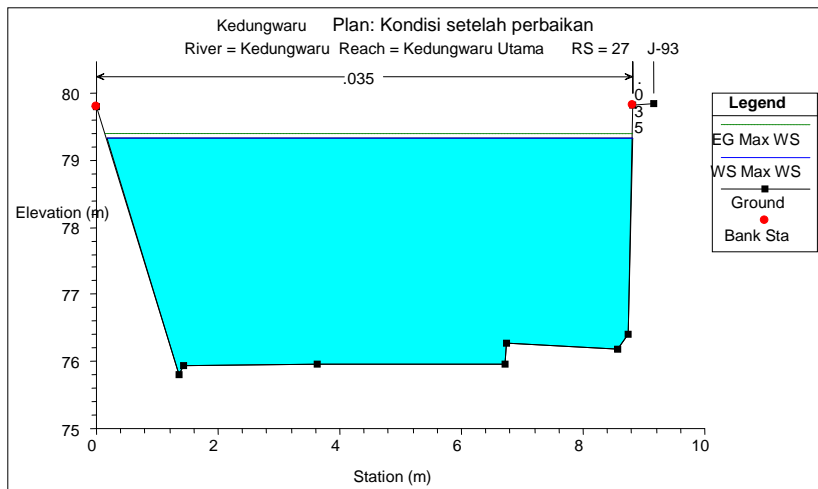




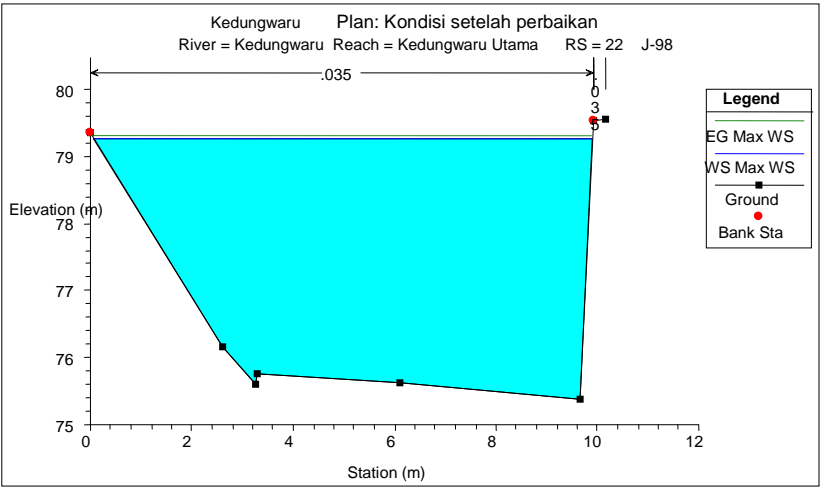
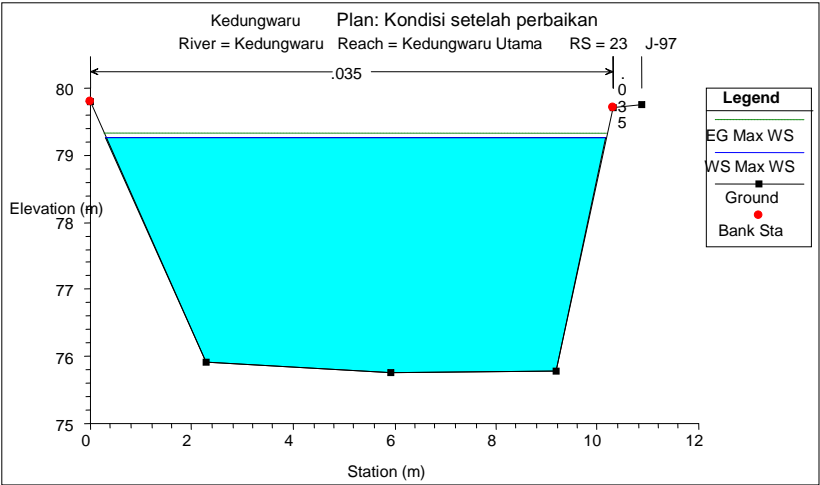
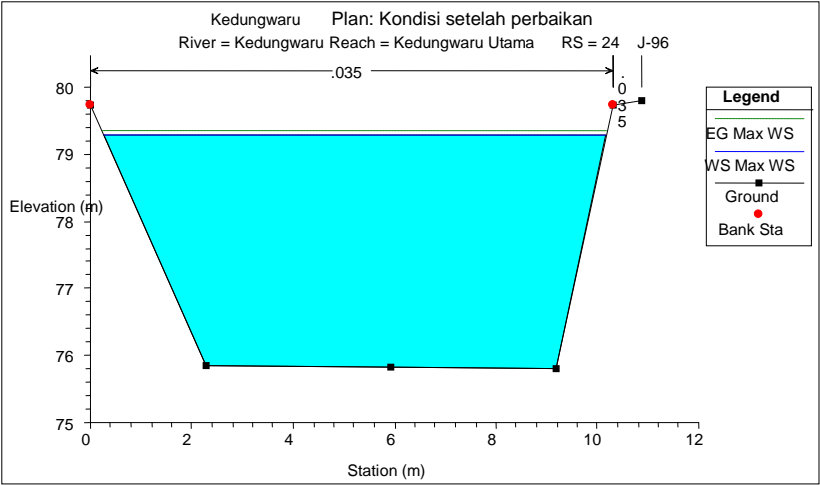


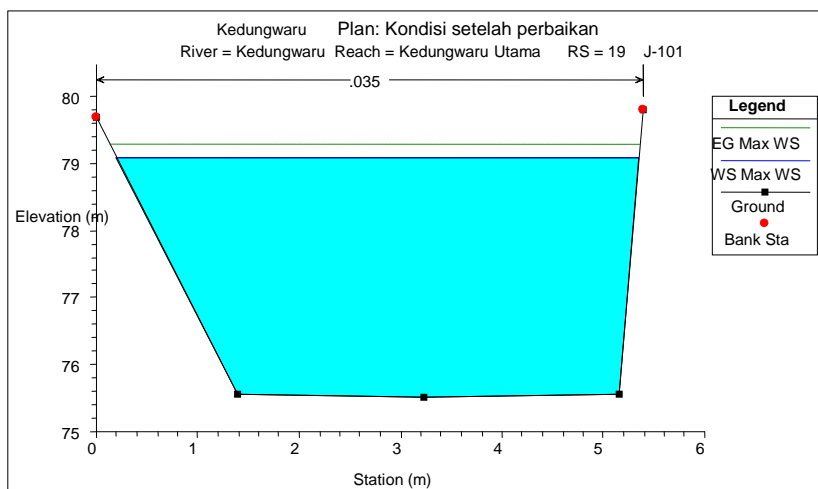
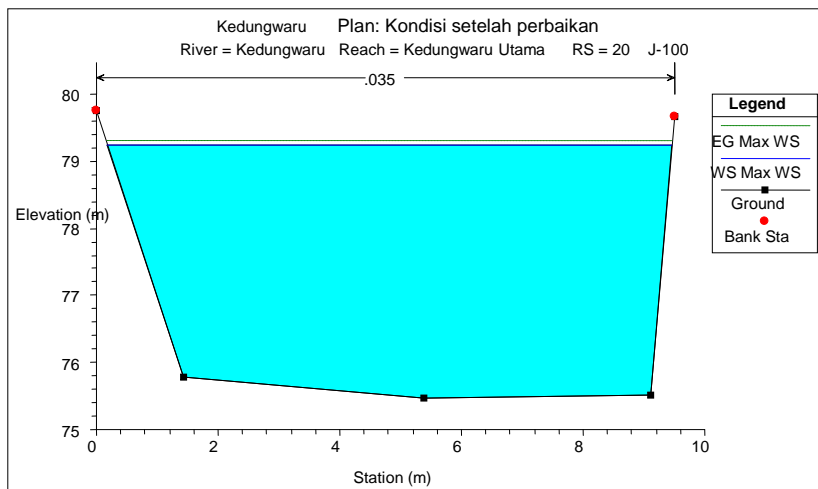
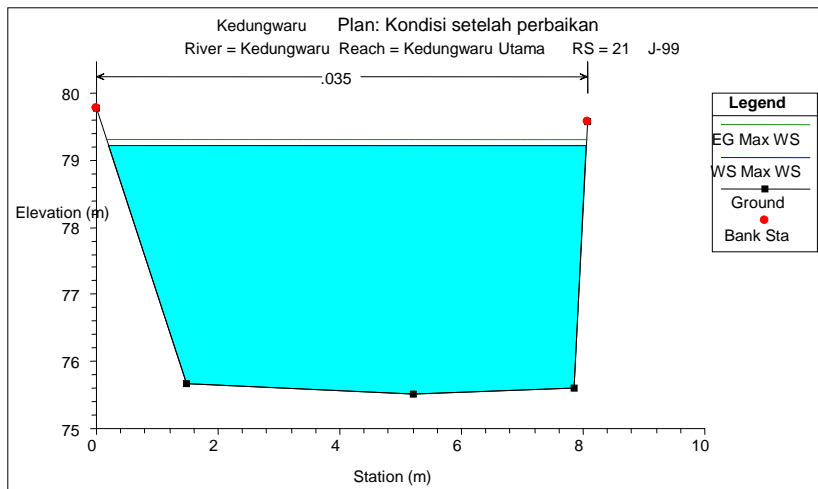


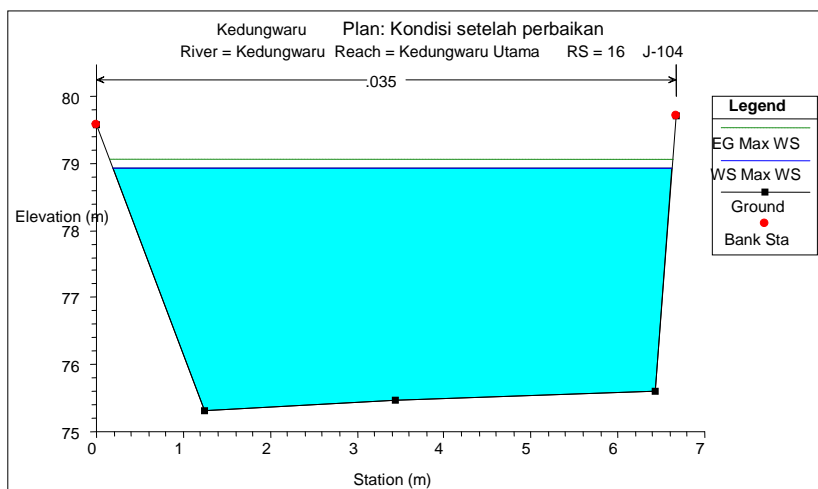
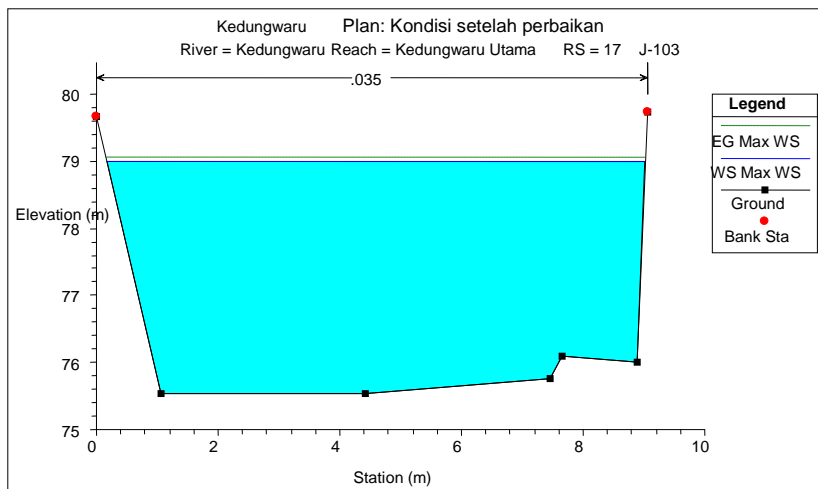
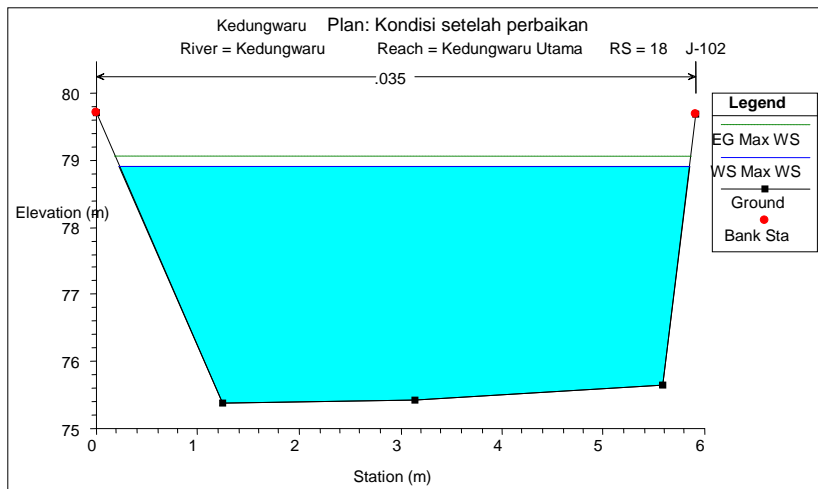


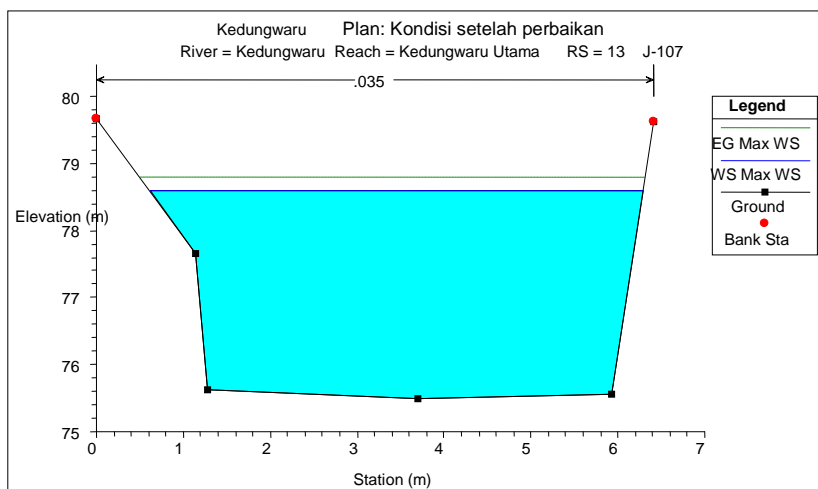
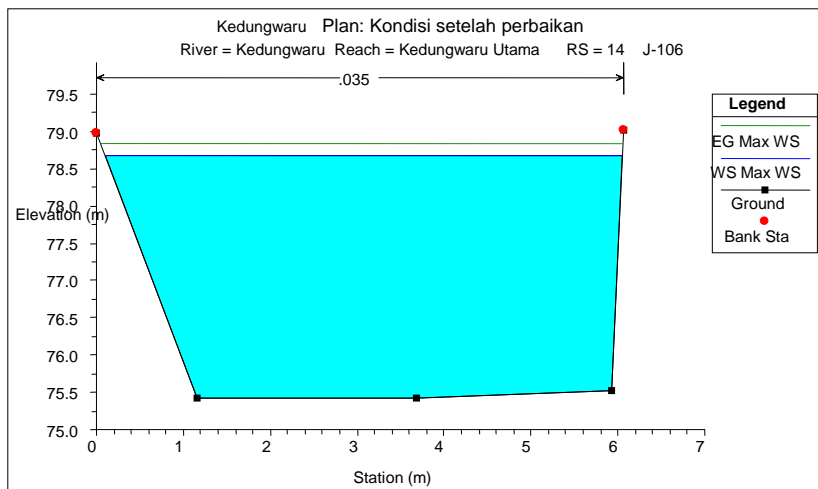
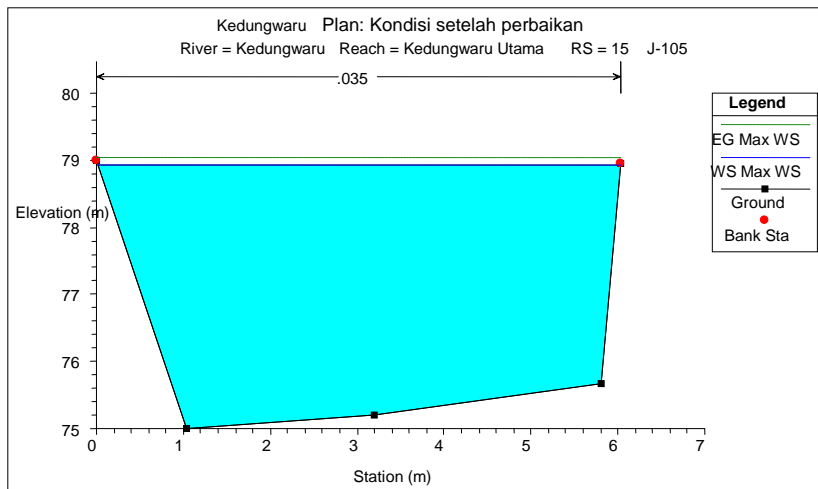


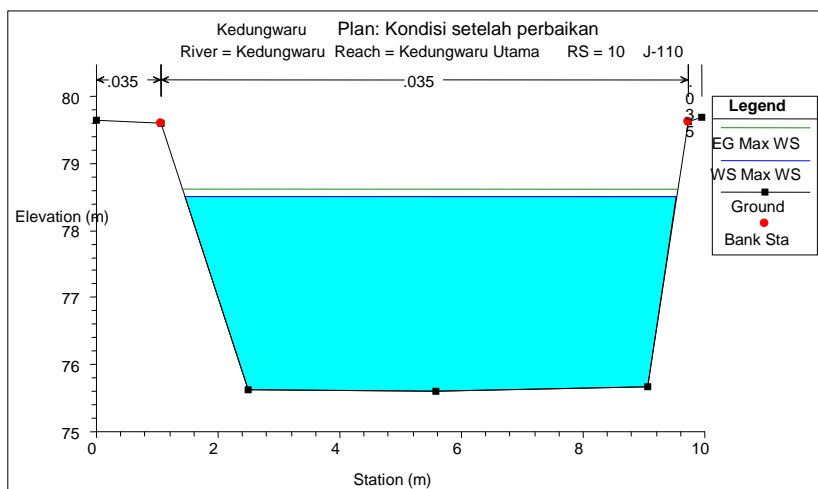
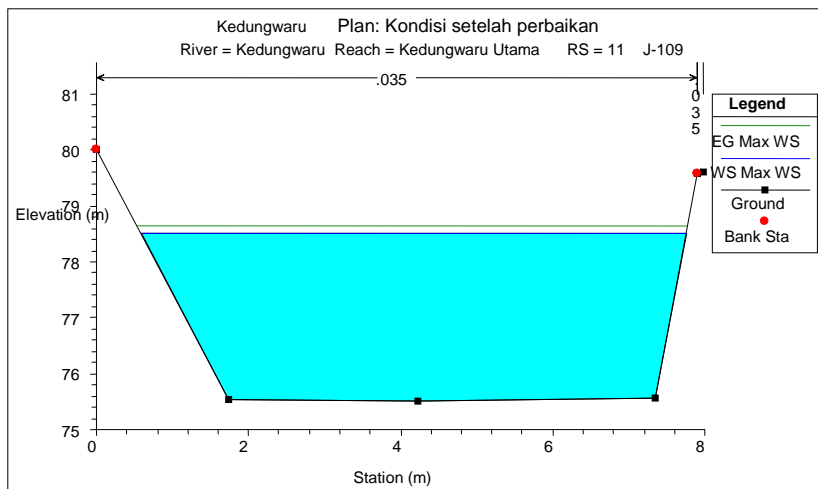
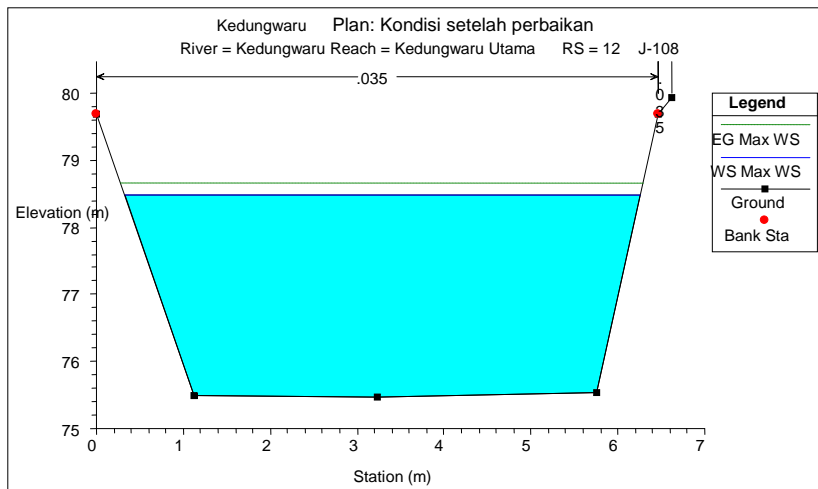


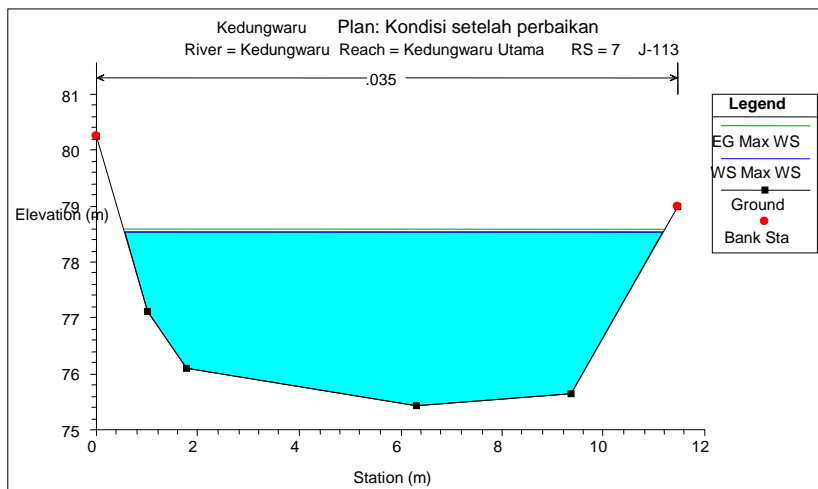
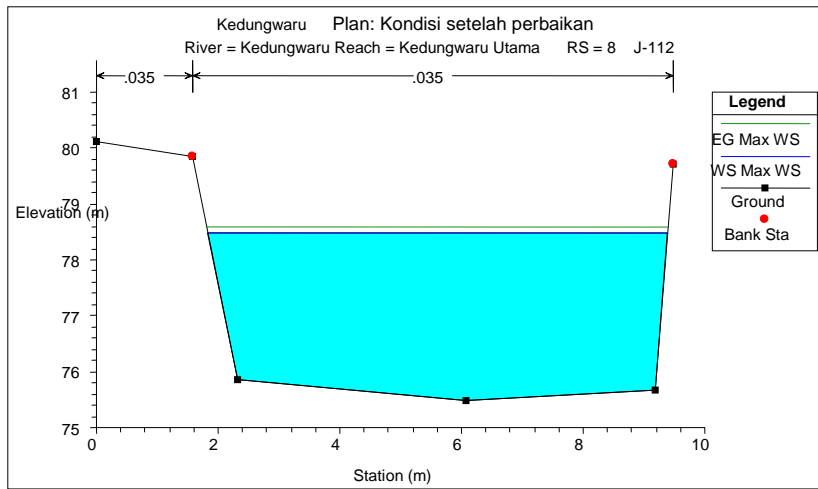
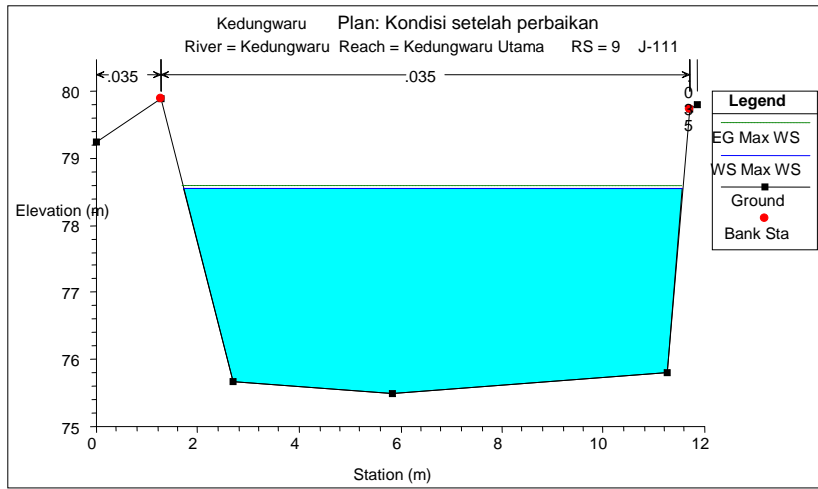


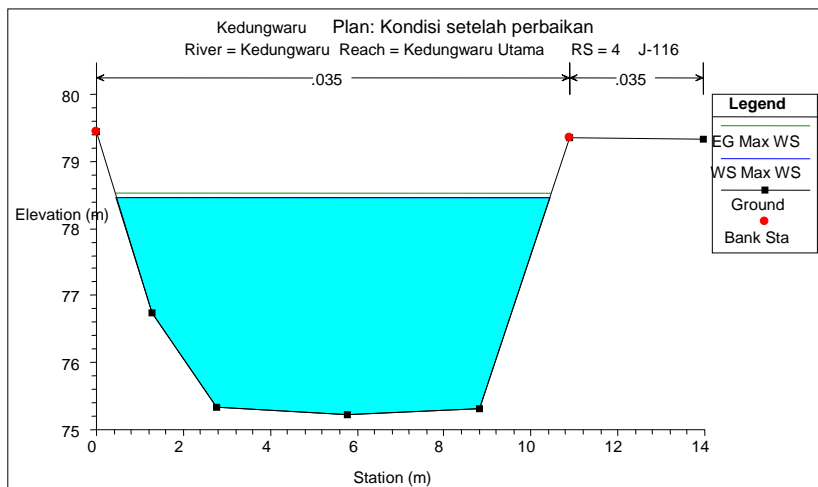
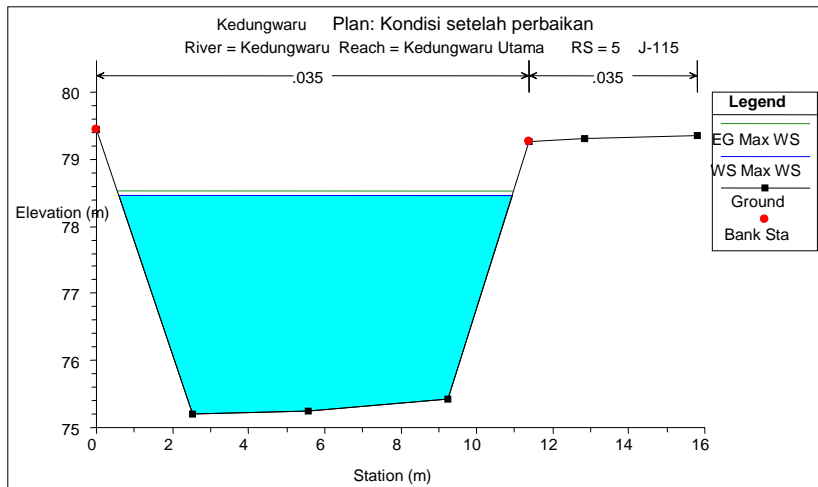
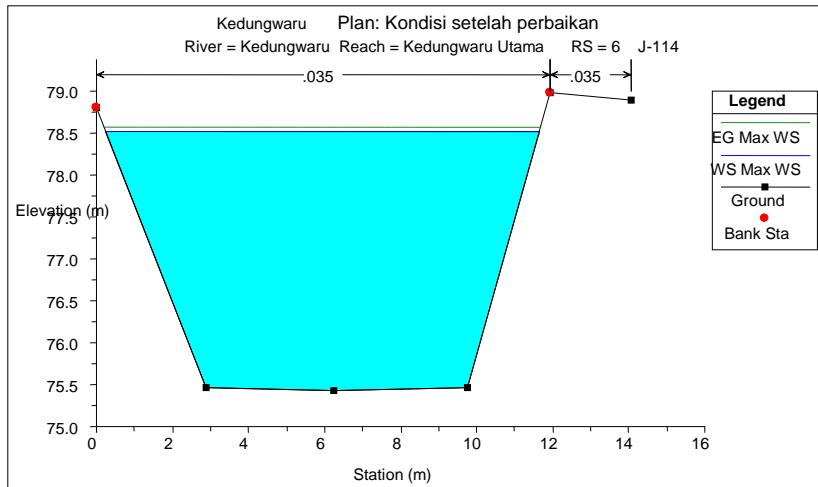


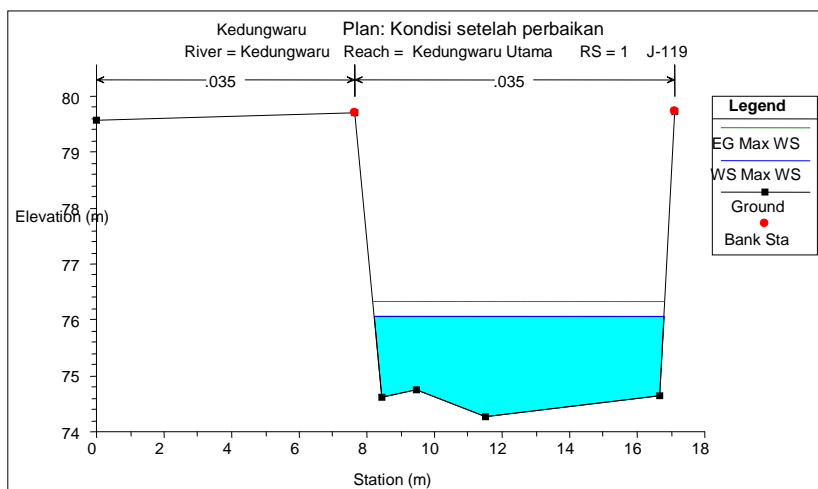
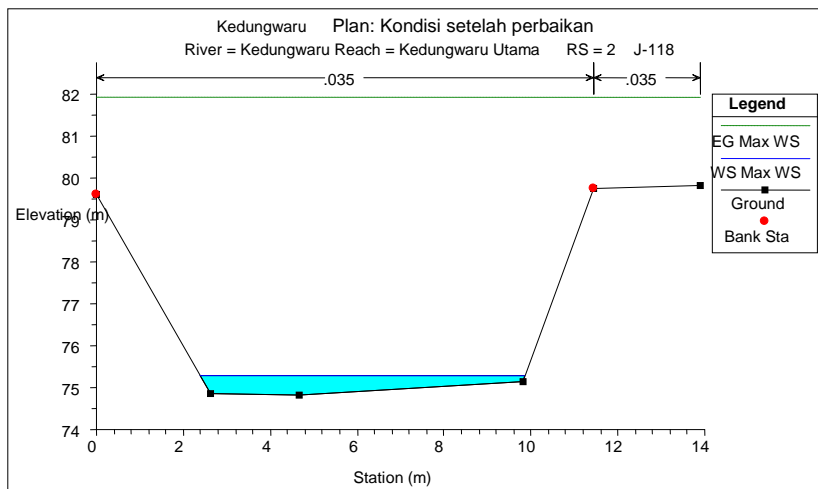
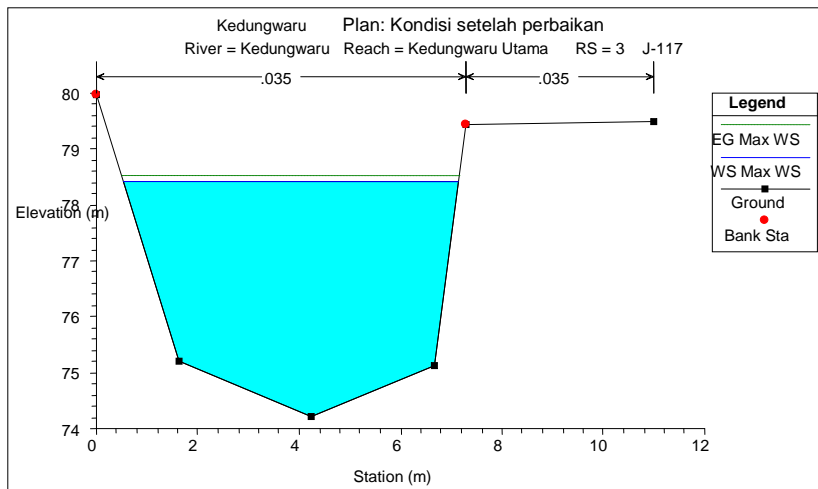




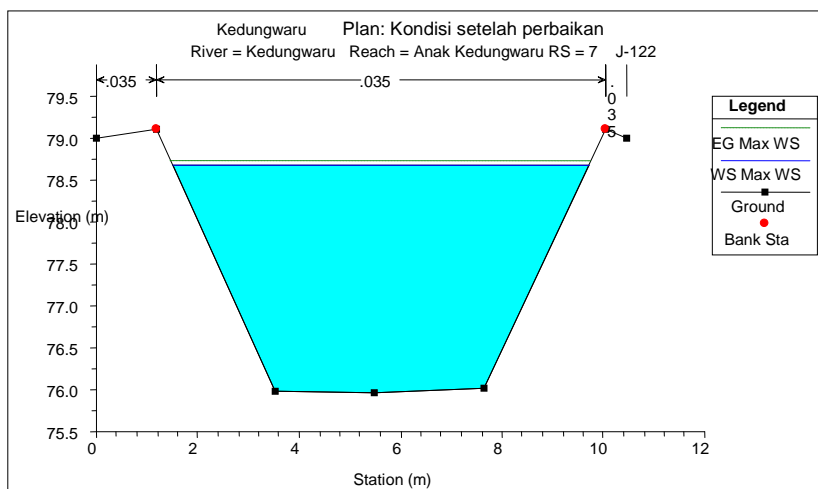
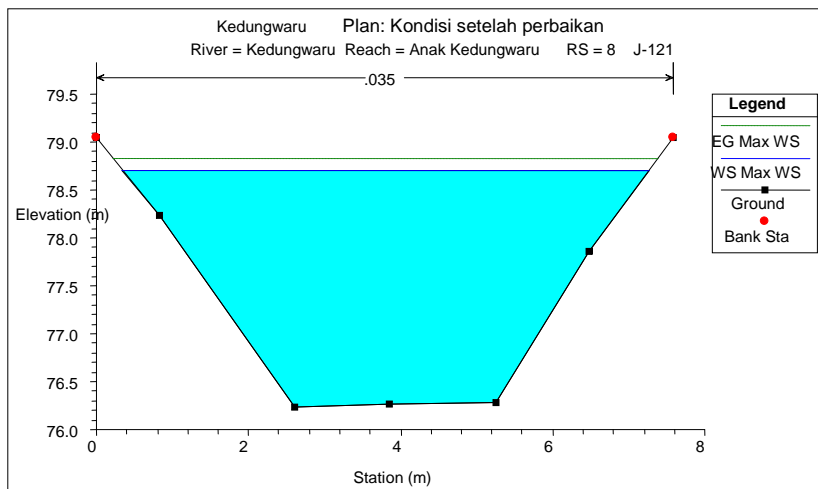
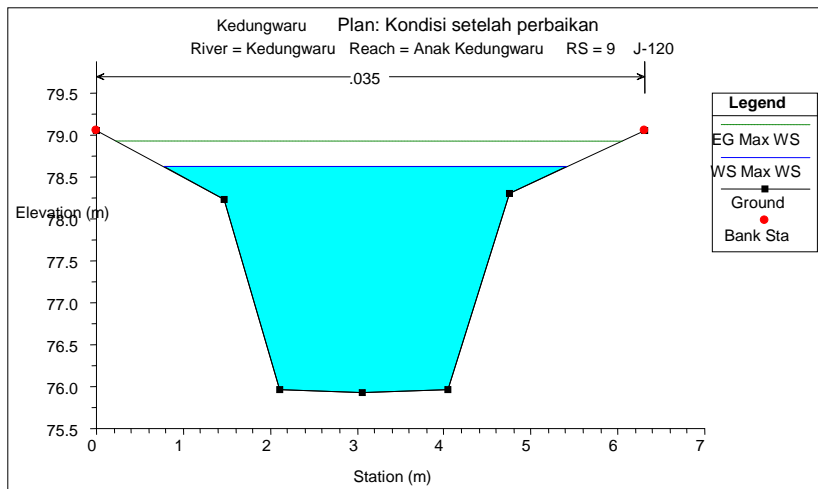


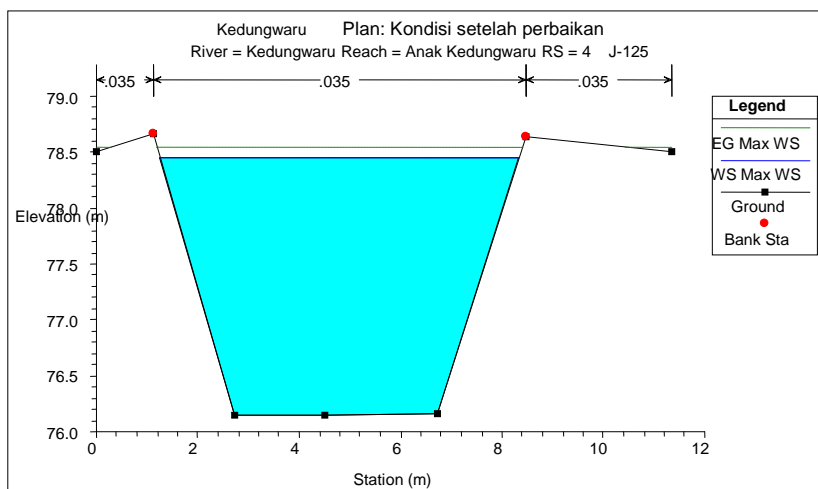
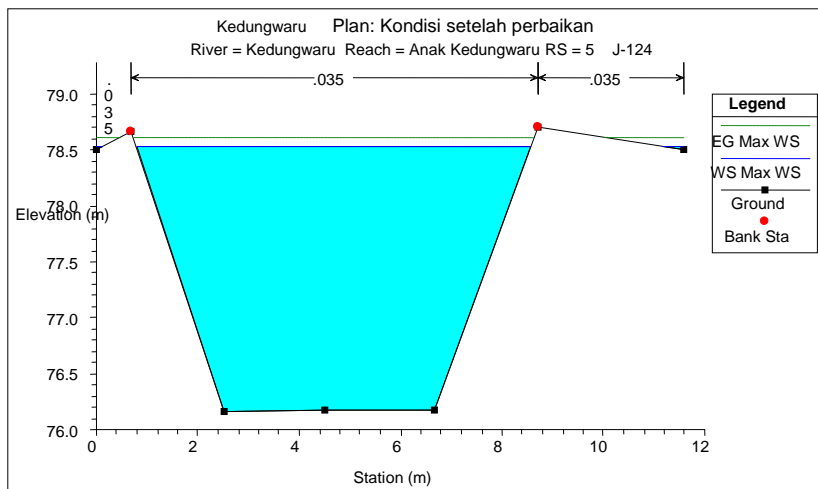
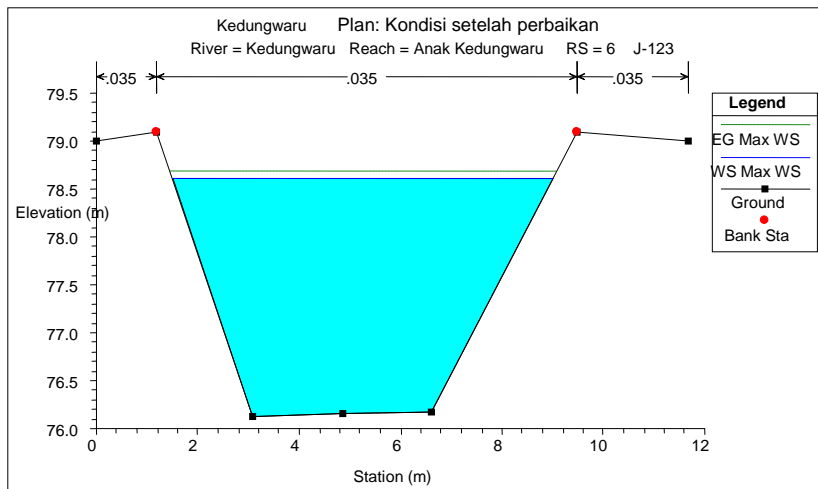


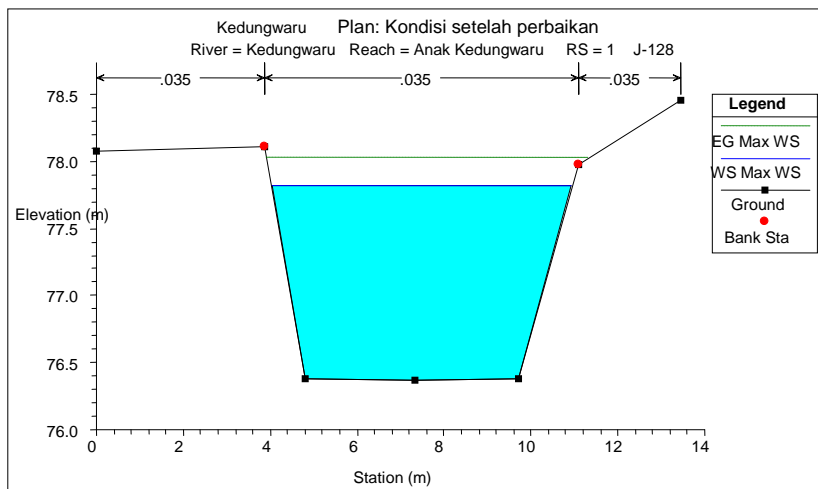
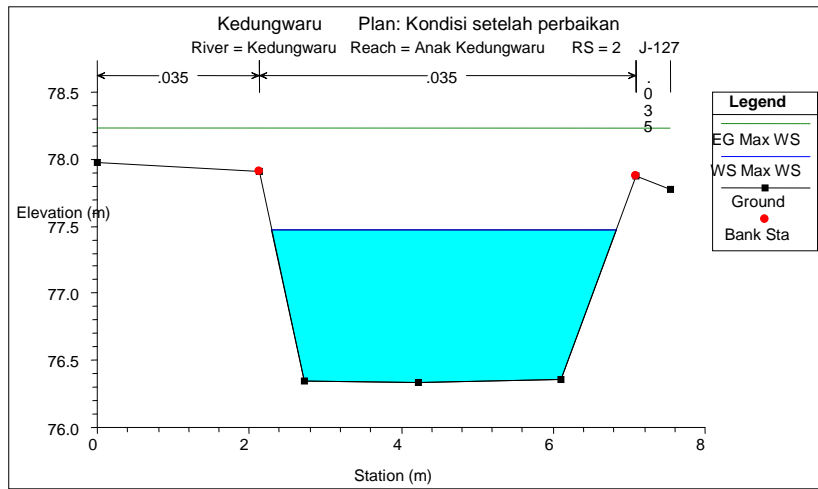
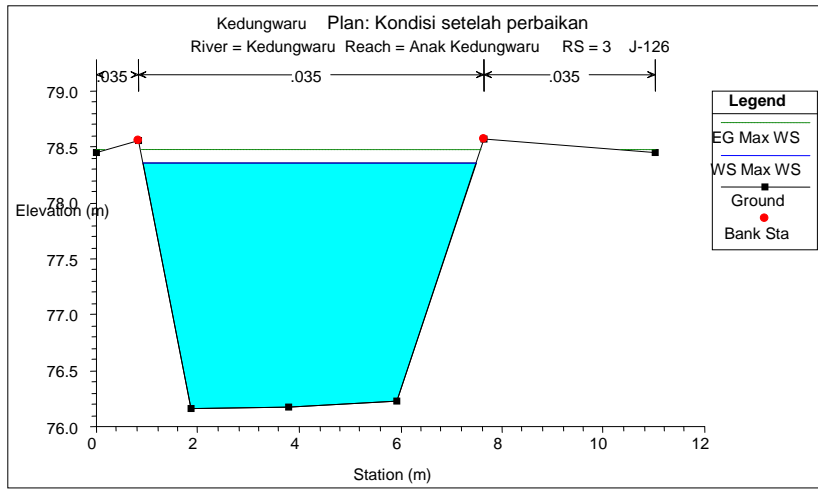












## PLAN SEDIMEN 5 TAHUNAN

